الدورية العالمية للعلوم / 24 ديسمبر 2020

nature
الطبعة العربية



التنوع الإفريقي

تحليل كامل الجينوم يكشف عن تفاصيل الإرث الجيني الغني لقارة إفريقيا

أخلاقيات علم الأحياء
العضيَّات الدماغية المستزرَعة تثير تساؤلات حول تعريف الوعي

فيروس كورونا
خمس خطوات على الدول اتخاذها لضمان توزيع عادل للقاحات

تغير المناخ
صفائح جرينلاند الجليدية على وشك تسجيل أسوأ انحسار جليدي

ARABICEDITION.NATURE.COM
ديسمبر 2020 / السنة السابعة / العدد 65
ISSN 977-2314-55003

nature

فريق التحرير

رئيـس التحريـر: ماجدالينا سكيبر
المحرر التنفيذي: محمد يحيى
رئيس تحرير الطبعة العربية: علياء حامد
مدير التحرير والتدقيق اللغوي: محسـن بيـومي
رئيس فريق الترجمة: فايقة جرجس
محـرر أول: حسام خليل، كوثر محمود محمد
محـرر علمي: أحمد جمال سعد الدين، مصطفى طه
محرر الصور: أماني شوقي
محرر وسائل الإعلام الاجتماعي: مصطفى علي أبو مسلم
مساعد التحرير: آية مجدي
مصمـم جرافيـك: ماريان كرم
مستشار التحريـر: محمد بن صالح العذل
مستشار علمي: سلطان بن عبد العزيز المبارك
مستشار الترجمة: عبد الله بن سلطان الخالد
اشترك في العدد: أحمد درويش، آلاء سعد، الزهراء سامي، ضياء ورداني، سارة علام، شهرت العالم، شيماء طه، علا غزاوي، محمد الجندي، مدحت مريد، مروة سعيد، منير مجاهد، مها زاهر، مي الشامي، نسيبة داوود، نيرة صبري، نيفين حلمي، هاني سليمان، هويدا عماد، وسيم عبد الحليم، يمنى المقيدم

مسؤولو النشر

المدير العام: ستيفن إينشكوم
المدير العام الإقليمي: ديفيد سوينبانكس
المدير المساعد لـ MSC: نِك كامبيل
مدير أول النشر: داليا العصامي

الرعاة الرسميون

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية KACST
www.kacst.edu.sa
العنوان البريدي:
مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
ص. ب: 6086 - الرياض 11442
المملكة العربية السعودية



التسويق والاشتراكات

مدير تطوير الأعمال: جون جيولياني
(j.giuliani@nature.com)
التسويق: عادل جهادي (a.jouhadi@nature.com)
Tel: +44207 418 5626

NATURE ARABIC EDITION [ONLINE]

arabicedition.nature.com

للاتصال بنا:

للتواصل مع المحررين: naturearabic@nature.com

Macmillan Egypt Ltd.
3 Mohamed Tawfik Diab St.,
Nasr City, 11371
Cairo, Egypt.
Email: cairo@nature.com
Tel: +20 2 2671 5398
Fax: +20 2 2271 6207

Macmillan Dubai Office
Dubai Media City
Building 8, Office 116,
P.O.Box: 502510
Dubai, UAE.
Email: dubai@nature.com
Tel: +97144332030

NAE Riyadh office
Leaders Tower 1,
7853 takhassusi,
Al Olaya, Riyadh
12333 3214,
Saudi Arabia.

رسالة رئيس التحرير

إطلالة على آفاق العلوم

أهلًا بكم في عدد ربع سنوي جديد من دورية «*Nature* الطبعة العربية»، لنعرض لكم مختارات من أهم ما نُشر في دورية *Nature* الدولية خلال الفترة من أكتوبر إلى ديسمبر 2020، وإضاءات على آفاق تَقدُّم العلوم.

يأتي هذا العدد في نهاية عام استثنائي، واجه العالَم خلاله عدوًّا واحدًا، تَمثَّل في شكل فيروس، لا يتجاوز قطره 0.1 ميكرومتر، تَسبَّب في مرض "كوفيد-19"، الذي تَجاوَز عدد المصابين به حول العالم حتى كتابة هذه السطور 86 مليون حالة، فيما بلغ عدد الوفيات الناتجة عن الإصابة بالمرض مليون و869 ألف حالة وفاة.

ورغم ما خلقته هذه الجائحة من تحديات أمام الجميع، إلا أنها لم تنجح في وقف مسيرة العلوم، إذ تمكّن كثير من الباحثين والعلماء من مواصلة جهودهم الرامية إلى إلقاء مزيد من الضوء على ألغاز الكون، وحل مشكلات البشرية. ونقدم في هذا العدد مجموعة من الأخبار والتحقيقات التي تمنح مزيدًا من الأمل في مستقبل أفضل، بعد القضاء على فيروس "سارس- كوف -2" المسبب لهذه الجائحة، وذلك بفضل الجهود المستميتة لهؤلاء الذين تشبثوا بالعلم في مواجهة الشائعات والتشكيك.

ففي قسم "أخبار في دائرة الضوء"، وتحت عنوان "ارتياحٌ بين العلماء لفوز جو بايدن بالانتخابات الرئاسية الأمريكية"، نتعرف على ردود أفعال العلماء بعد فوز جو بايدن في مواجهة دونالد ترامب، الذي تسبّبت قراراته مرارًا وتكرارًا في تقويض العِلْم. كما نتعرف أيضًا على محاولات العلماء لإنتاج أجسام مضادة قادرة على علاج المصابين بمرض "كوفيد-19"، وذلك تحت عنوان "سباق لإنتاج أجسام مضادة أكثر فعالية في مواجهة «كوفيد-19»". ومن الأرض إلى الفضاء، نتأمل كيف تحولت أول صورة لثقب أسود إلى مقطع مصور يبين تغير شكل الحلقة المحيطة بالثقب بمرور السنوات، وكذلك نتعرف على خطة الإمارات لإطلاق أول بعثة عربية إلى القمر، بعد أن نجحت في وقت سابق من هذا العام في إطلاق أولى بعثاتها نحو المريخ.

ونتساءل في قسم التحقيقات "هل يمكن لعدوى ميكروبية أن تسبب الإصابة بمرض ألزهايمر؟"، حيث نبحث في نظرية غير شائعة، تربط بين داء الخرف، والإصابة بعدوى ميكروبية، وربما الوصول إلى علاجات ممكنة للمرض. وفي ظل التفشي المستمر لمرض "كوفيد- 19"، وتأخر الوصول إلى علاج له، نستكشف كيف يمكن للكمامات بمختلف أنواعها أن تحدّ من انتشار المرض، وربما تقليل حدته في حال الإصابة به، وذلك تحت عنوان "ما تكشفه البيانات المتاحة عن فعالية الكمامات".

ومع تَوالِي الموافقات الطارئة على اللقاحات المختلفة لمرض "كوفيد-19"، يصبح من الضروري بحث سبل ضمان التوزيع العادل لتلك اللقاحات بين البلدان ذات الدخل المرتفع، والبلدان ذات الدخل المنخفض، على حد سواء. وتحت عنوان "لقاحات «كوفيد-19»: كيف نضمن الوصول إليها في أفريقيا"، يستعرض أربعة مسؤولين من المراكز الأفريقية لمكافحة الأمراض والوقاية منها الإجراءات التي يجب اتباعها لضمان تحقيق هذا الهدف.

أما في قسم «كتب وفنون»، فتعرض بيث سايمون نوفيك كتابًا عن تأثير ضَعف أو فشل الإحصاءات على أداء الحكومات، وبالأخص حكومة الولايات المتحدة، والأسباب وراء ذلك تحت عنوان "الديمقراطية تتضرر عندما تفشل الإحصاءات الحكومية". كما تأخذنا ناتالي كوفلر في "رحلة تقنية كريسبر عبر التاريخ بين دفتي كتاب"، حيث تستعرض كتاب "تعديل البشرية"، الذي يوفر مدخلًا إلى علم التحرير الجيني، حيث يتتبع المحطات الأساسية في هذا العلم، وإنْ كان يغفل التركيز على إشكالياته.

وبينما يتركز اهتمام العالَم أجمع على مواجهة فيروس "سارس- كوف- 2"، لا تتوقف درجات الحرارة العالمية عن الارتفاع والتأثير على قطاعات مختلفة على سطح كوكب الأرض. وفي قسم «أنباء وآراء»، يستعرض آندي أشواندن دراسة تقيم انحسار الجليد في صفيحة جرينلاند الجليدية في الماضي والحاضر والمستقبل، وتُبيِّن أن معدلات انحساره في القرن الواحد والعشرين ستربو بكثير عنها في أي نقطة زمنية سالفة على مدار 11,700 عام مضت. وتحت عنوان "دَفْعُ الفقراء إلى المطالبة بفرض ضرائب على الأثرياء"، يتناول كولين تريدو، وجون ديكسون تجربة ميدانية تكشف عن أن الأفراد يصبحون أكثر ميلًا للمطالبة بفرض مزيدٍ من الضرائب على الأثرياء عند تذكيرهم بانعدام المساواة المستمر، من خلال تعريضهم لأحد مظاهر الثراء.

رئيس التحرير
علياء حامد

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المحتويات


تغيُّر المناخ يكسو سهول التُّندرا القطبية بالأخضر ص.12


ما تكشفه البيانات المتاحة عن فعالية الكمامات ص.30


لِمَ لن تُفيدك مقارنة نفسك بالآخرين؟ ص.59

افتتاحيات

رؤية عالمية

أضواء على البحوث

موجز الأخبار

أخبار في دائرة الضوء

تحقيقات

تعليقات

كتب وفنون

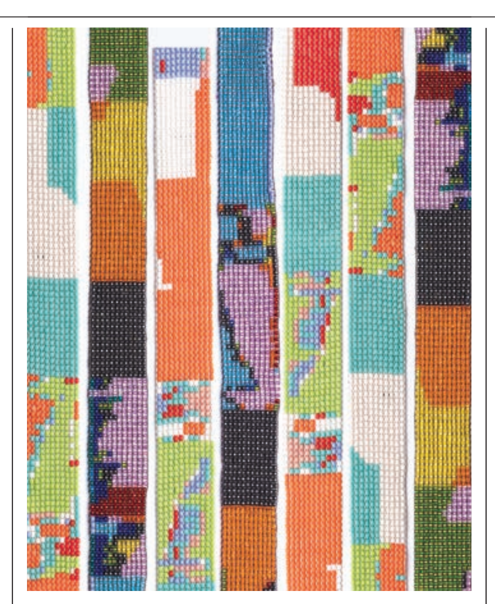
مهن علمية

حيث أعمل

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أبحاث

أنباء وآراء



على الغلاف

التنوّع الأفريقي. على الرغم من أن أفريقيا تُعتبر مهد البشر المعاصرين، إلا أنه لم يُدرَس سوى جزء يسير من التنوّع الجيني عند الأفريقيين. وفي هذا العدد تقدم زينيه لومبارك، وأديبوالي أديومو، ونيل هانشارد وزملاؤهم في مبادرة «الوراثة والصحة البشرية في أفريقيا» H3 Africa تحليلًا لتسلسل الجينوم لـ426 فردًا ينتمون إلى 50 مجموعة إثنية لغوية. وكشف الباحثون عن أكثر من ثلاثة ملايين تباين جيني جديد، وتمكنوا من تحديد 62 جينًا، لم يُرصد أي جين منها من قبل، ترتبط بالمناعة ضد الفيروسات، وترميم الحمض النووي، وعمليات الأيض. وقد لاحظ الباحثون كذلك وجود أنماط معقدة من تداخل جينات الأسلاف خلال المجموعات البشرية المعاصرة، وبين بعضها بعضًا، ووجدوا أدلة على أن دولة زامبيا كانت على الأرجح موقعًا وسيطًا على طول مسارات انتشار المجموعات البشرية التي تتحدث لغة البانتو. ويُظهِر الغلاف مجموعة فرعية من البيانات الجينية التي أمكن جمْعها خلال هذه الدراسة، وقد تحولت إلى قلادات مصنوعة يدويًّا من الخرز، من تصميم جمعية «ماريجولد» لأعمال الخرز.

صورة الغلاف: نَفَّذ أعمال الخرز نوثاندو بهبي/ جمعية «ماريجولد» لأعمال الخرز، بالتعاون مع جوني برينر؛ تصوير: ليز ويتر، **صفحة 54**

ملخصات الأبحاث

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

nature

تقرير *Nature* الثاني عن تطورات الجائحة

الفهم المتعمق للمناعة ضروريٌّ لتطوير لقاحاتٍ آمنة وفعالة.

ما يزال السباق مستمرًا لتطوير لقاح يحمي الأفراد من فيروس كورونا الجديد، "سارس-كوف-2" SARS-CoV-2. فبعد مرور أقل من عامٍ على اكتشاف الفيروس، صار لدينا حوالي مائتي لقاح قيد التطوير، كما يخضع أكثر من 40 لقاحًا للتجارب الإكلينيكية في الوقت الحالي. ويرجع الفضل في ذلك جزئيًّا إلى الجهود المشتركة غير المسبوقة التي يبذلها الباحثون في جميع أنحاء العالم. ورحلة البحث الشاقة هذه عن لقاح للمرض تستلزم من الباحثين أن يجيبوا عن تساؤلاتٍ حول كيفية استجابة أجهزتنا المناعية للفيروس، وحول السبب الذي يجعل بعض الأشخاص يعانون أعراضًا حادة، بينما يتعافى آخرون من المرض سريعًا.

وكما نوضح في هذا التقرير الثاني من سلسلة تقارير دورية *Nature* عن تطورات جائحة فيروس كورونا الجديد، فإنَّ أقوى أسلحتنا في مواجهة الفيروس على مستوى الأفراد والجماعات هو أن نطور لقاحًا آمنًا وفعالًا، لكنَّه لن يكون السلاح الوحيد، فممارسات ارتداء الكمامات، وغسل الأيدي، والتباعد الاجتماعي يجب أن تستمر لبعض الوقت.

تحدي المناعة

في بداية الجائحة، لم يفهم الباحثون كيف يمكن أن تتطور المناعة الطبيعية ضد فيروس "سارس- كوف- 2"، لكن سرعان ما تغيَّر ذلك. ففي غضون أشهر، أظهرت الدراسات أنَّ المصابين قد تتكون لديهم أجسامٌ مضادة مُحيِّدة للفيروس[1]، وخلايا تائية يمكنها التعرف على الخلايا المصابة به، وتدميرها[2].

كما كشفت أبحاثٌ أخرى أنَّه حتى أولئك الذين لم يُصابوا بالفيروس يمكن أن تكون لديهم أجسامٌ مضادة[3] وخلايا تائية[2] تتعرف عليه. وقد يكون هذا نتيجةً لإصابتهم في وقتٍ سابق بفيروسات كورونا أخرى منتمية إلى العائلة نفسها تُسبِّب نزلات البرد. ومع ذلك، لم يُعرَف بعد ما إذا كانت هذه الاستجابات الموجودة مسبقًا توفر أي حمايةٍ من الإصابة بعدوى فيروس "سارس-كوف-2"، أم لا.

وقد كان وجود هذه الأجسام المضادة واستجابات الخلايا التائية تلك مبشرًا فيما يخص تطوير اللقاحات؛ لأنه إذا كانت العدوى الطبيعية قادرةً على تحفيز هذا النوع من الاستجابات، فقد يمكن للتطعيم إذَن أن يُحفِّز استجاباتٍ وقائية مماثلة، أو أكثر فعالية.

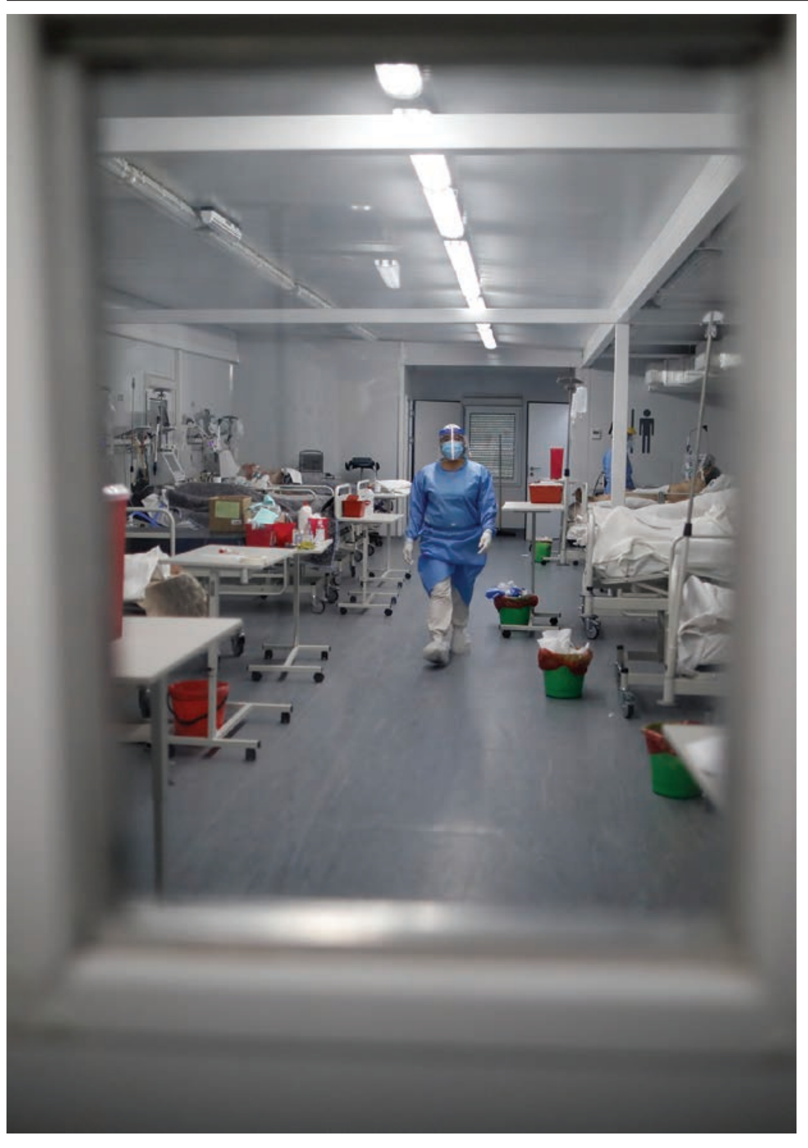
للمناعة تبعات على العلاجات أيضًا

في شهر أغسطس الماضي، منحت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA) تصريحًا بالاستخدام الطارئ لعلاج يُسمَّى "بلازما المتعافين". وينطوي هذا العلاج على إعطاء المصابين بالمرض بلازما دماء المتعافين منه، على أساس أنَّ البلازما تحتوي على عددٍ كبير من الأجسام المضادة التي تتعرف على الفيروس. ومع ذلك، فإنَّ الباحثين والأطباء الإكلينيكيين يُجمِعون على أنَّ قرار الإدارة كان سابقًا لأوانه، لأنَّ بعض هذه الأجسام المضادة لن يوفر حماية من المرض. كما لا يوجد دليلٌ قاطع حتى الآن على فعالية هذا العلاج[4]، رغم أنَّ التجارب ما زالت مستمرةً لدراسة ما إذا كان يمكن أن تكون البلازما المأخوذة من متعافين لديهم مستوياتٌ مرتفعة من الأجسام المضادة المُحيِّدة للفيروس مفيدة في علاج الحالة الشديدة من مرض "كوفيد-19"، أم لا.

وثمة نهجٌ آخر قد يحقق نتائج أفضل من العلاج ببلازما المتعافين، يتمثل في عزل مجموعةٍ مُحدَّدة وفعالة من الأجسام المضادة المحيِّدة للفيروس من المصابين، وتطوير علاجاتٍ قائمة عليها. وقد نجح هذا النهج في حال أمراضٍ فيروسية أخرى. وعلى سبيل المثال، في الأسبوع الثاني من شهر أكتوبر الماضي، اعتمدت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية واحدًا من هذه العلاجات لمواجهة فيروس الإيبولا. وتجري حاليًّا تجارب لاختبار فعالية هذه الأجسام المضادة أحادية النسيلة في علاج مرض "كوفيد-19".

احتمالية تكرار الإصابة

هناك سؤالٌ آخر مُلح يتعلق بما إذا كان المتعافون من المرض يكتسبون حمايةً تمنع إصابتهم به مجددًا، أم لا. فقد شهد شهر أغسطس الماضي الإبلاغ عن أول حالة مؤكدة لتكرار إصابة شخصٍ بالمرض، بعد تعافيه منه، وقد حُسِمَ هذا من خلال تحديد تسلسلَي السلالتين الفيروسيتين اللتين تسببتا في إصابته بالمرض في المرة الأولى والثانية[5].



تحتاج وحدات الرعاية المركزة إلى خياراتٍ علاجية أكثر لمرضى "كوفيد-19".

NATACHA PISARENKO/AP/SHUTTERSTOCK

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

nature

ومنـذ ذلـك الحين، ظهـر عدد قليل مـن الحالات الأخرى الـتي تأكد تكرار إصابتها بالفيروس[6]، رغـم أنَّ عـدد الإصابـات بـه في الآونـة نفسـها عـلى مستوى العالـم تجـاوز 40 مليـون حالة.

ومـن الممكـن للمتعافين من أنواع فيروسـات كورونا الأخرى أن يُصابوا بهـا مجـددًا، نظـرًا إلى أنَّ اسـتجابة الأجسـام المضـادة في تلـك الحـالات تكـون قصيرة الأمـد نسـبيًّا[7]. أمـا في حـال "كوفيـد-19"، فمـا زلنـا نجهـل المدة المحتملة لاستمرار مفعول أشكال الحماية التي يمكن أن يكتسبها الجسـم، ومدى شـيوع تكرار الإصابة بالمرض، بالإضافة إلى مدى نجاحنا في رصـد مَـن تتكـرر إصابتهـم بـه. وفي حالتـين عـلى الأقـل مـن الحـالات الموثقـة لتكـرار الإصابـة بالمـرض، كان أكـثر حـدةً في المرة الثانيـة[6]، لكنَّ الحـالات الطفيفـة لتكـرار الإصابـة بـه قـد لا تُرصَد.

وتشـير الدراسـات التشريحيـة إلى أنَّ المراكـز الجرثوميـة -تلـك البِنى الموجـودة في العقـد الليمفاويـة والطحـال، الـتي تنضُـج فيهـا الخلايـا البائية المنتجة للأجسـام المضادة وتتمايز- يمكن ألَّا تكون موجودةً لدى مَـن يصابـون بالحالـة الحـادة مـن المرض، وهو مـا يتسـبب في افتقارهم إلى تلـك الخلايـا البائيـة[8]. وقـد ينتج عن هـذا قِصَر أمد اسـتجابة الأجسـام المضـادة للعـدوى الطبيعيـة، لكنّ دراسـاتٍ أخـرى أُجريت على المصابين قدمـت أدلـةً على وجود اسـتجاباتٍ أطول أمدًا؛ فأوضحت أنَّ مسـتويات الأجسـام المضـادة تبلـغ ذروتها بعـد العدوى بفـترةٍ وجيزة، ثـم تتراجع بعـد القضـاء عليهـا، وتظـل عنـد مسـتوياتٍ أقـل بعـد ذلـك للمـدة التي تناولتهـا الدراسـات[9] على الأقل.

كيف تؤثر الاستجابة المناعية في شدة المرض؟

إحـدى الخصائـص البـارزة للحالـة الشـديدة من مـرض "كوفيـد-19" هي أنَّ صحـة المصابـين بهـا تبـدو في كثـير مـن الأحيـان أنهـا تتدهـور سريعًـا خـلال الأسـبوع الثـاني مـن الإصابـة. وفي كثـيرٍ من الحـالات، يحدث ذلك بعـد ظهـور أعـراضٍ طفيفـة نسـبيًّا في البدايـة. وقـد أشـارت الدراسـات الأوليـة الـتي أُجريت على هؤلاء المرضى إلى وجود اختلالٍ في اسـتجاباتهم المناعيـة، إذ تُبْرِز أجسامهم اسـتجاباتٍ التهابية مفرطة تفشـل في السـيطرة عـلى الفـيروس، بـل وتفاقِـم المـرض بدلًا مـن ذلك[10].

وحـتى الآن، لـم يُثْبِـت إلا عـدد قليـل مـن العلاجـات فعاليتـه في خفـض معـدل الوفيـات الناجمـة عن تلـك الحالات الشـديدة. ومن هذه العلاجـات عقـار "ديكساميثازون" dexamethasone، الـذي يعمـل على تثبيط الاسـتجابة الالتهابية، ويُسـتخدم على نطاقٍ واسع في علاج العديد مـن الأمـراض الالتهابيـة.

وقـد أظهـرت دراسـةٌ نُشِرَت في شـهر سـبتمبر الماضي أنَّ مـا لا يقل عن 10% مـن الرجـال، ونسـبةً أقـل من النسـاء، ممـن يعانون ويعانـين هذه الحالـة الشـديدة مـن المـرض لديهـم ولديهـن أجسـامٌ مضـادة ذاتيـة[12]. وهـذه الأجسـام المضـادة تعرقـل عمل مجموعـةٍ من البروتينـات، تُعرف باسـم "الإنترفيرونـات"، الـتي تُعَـد عنـصرًا حاسـمًا في الاسـتجابة المناعية المضـادة للفيروس.

أسئلة عن اللقاحات تحتاج إلى إجابة

مع تسـارُع الجهـود المبذولة لتطوير لقاحـاتٍ للمرض، نحتاج إلى الإجابة عن أسـئلةٍ رئيسـة، للتأكـد من أمان تلك اللقاحـات وفعاليتها.

الجانـب الإيجـابي في الوضع الحالي هو أنَّ فيروس "سـارس-كوف-2" لا يبـدو أنـه يتحـور سريعًـا، بخلاف فـيروس الإنفلونـزا، على سـبيل المثال. ويعـني هـذا أنَّـه عـلى الأرجـح لـن يتحـور سريعًـا ليتجنـب الاسـتجابات الـتي سـتحفزها اللقاحـات. وفي الوقت نفسـه، مـا زلنا نجهل مـا إذا كانت المناعـة الـتي سـتحفزها اللقاحـات ستسـتمر لفـترة قصـيرة، أم لفـترة طويلـة. كذلـك لـم نعـرف بعـد إلى أيّ مـدى سـتكون اللقاحـات فعَّالـةً مـع حـالات كبـار السـن، الذيـن تسـتجيب أجهزتهـم المناعيـة في الأغلب للتطعيمات اسـتجابةً أضعف. وإذا ولَّدت اللقاحات مناعة قصيرة الأمد، فسـيحتاج مَـن يحصلـون عـلى التطعيـم إلى جرعـاتٍ معـزِّزة بانتظام.

كمـا ستسـتغرق الإجابة عـن عدد كبير من المسـائل المتعلقة بالنواحي اللوجسـتية وسلاسـل الإمـداد بعـض الوقـت. فإعطـاء اللقاحـات للنـاس يتطلـب وجـود معـدّاتٍ، مثل القوارير، وإبر الحَقْـن. وفي بعض البلدان، قـد تكـون هنـاك حاجـة إلى حفـظ مخـزون اللقـاح في مخـازن بـاردة، وفي العديـد مـن الأماكـن سـتكون هناك حاجـةٌ إلى تعيـين مزيدٍ مـن العاملين في مجـال الرعايـة الصحية، وتدريبهم. وثمة أيضًا مسـألة تحديد البلدان الـتي ينبغـي أن تكـون لهـا الأولوية في الحصـول على اللقاحـات، والفئات الـتي ينبغـي أن تحصـل عليهـا أولًا في كل دولـة. وتعمل عـدة منظمات في الوقـت الحـالي للإجابة عن تلك الأسـئلة.

الثقة والتحقُّق

مـن المزمـع أن تُقيِّـم منظمـة الصحـة العالميـة لقاحـات "كوفيـد–19" مـن أجـل النظـر في اعتمـاد اسـتخدامها بموجـب إجـراءات الاسـتخدام الطـارئ، الـتي يُـصرَّح فيها باسـتخدام اللقاحـات، بينما تجاربها ما زالت جاريـة. وتعمـل المنظمة والهيئات التنظيميـة الوطنية تحت ضغطٍ هائل مـن الحكومـات وشركات صناعـة الأدويـة، لكـن عـلى جميـع الأطـراف أن يدركـوا أنَّـه لا يمكن سَـلْك طرق مختـصرة للحصول على موافقة الهيئات التنظيميـة؛ فثقـة الجمهـور في اللقاحـات ضروريـة، ولذلـك يجب السـماح لتلـك الهيئـات باسـتكمال عملهـا، دون تدَخُّل.

كمـا أنَّ هنـاك تحديـاتٍ أخـرى تتعلـق بموقـف مَـن تُسـاوِرهم شـكوك بشـأن اللقاحـات. لذلـك، تجـب متابعـة أي لقـاح جديـد بعنايـة، لرصـد آثـاره الضـارة، وبالأخـص آثـاره على الفئـات المعرَّضة للخطر. وكمـا كتبنا مـن قبـل، فـإنَّ التغلب على هـذا الموقف المتشكك في اللقاحات سـوف يتطلـب أيضًـا شـفافيةً كبيرة مـن شركات الأدويـة وشركائهـا الأكاديميين.

ومعظـم هـذه الجهـود المبذولة من أجـل التوصُّل إلى لقـاح لفيروس كورونـا يُعَـدّ مثـالًا لمـا يمكـن تحقيقـه عندمـا تتضافـر جهـود الباحثـين، والأطبـاء الإكلينيكيـين، والممولـين، والهيئـات التنظيميـة، والـشركات، لتحقيـق المصلحـة العامة، أي باختصار، حـين يتعاون البشر معًا. وبينما يُعَـد توفُّـر لقـاح في غايـة الأهميـة، يجـب أيضًـا أن يكـون آمنًـا وفعـالًا، وأن يُـوزَّع بإنصـاف، وعـلى أولئـك الذيـن هـم في حاجـة ماسّـة إليه. وإلى أن يتوفَّـر هـذا اللقـاح، يجـب عـلى الجميـع الالـتزام بالحلـول الناجعة، مثـل إجـراء الفحـوص الدقيقـة، وعـزل المصابـين، وتتبـع مخالطيهـم، ولا بـد أن يغـيِّر النـاس سـلوكياتهم، للمسـاعدة عـلى الحـدّ مـن انتشـار الفـيروس. وربمـا يتعـين انتهـاج تلـك الممارسـات لمـدةٍ طويلـة، حـتى بعـد توفُّـر اللقـاح.



لا يمكـن سَـلْك طرق مختـصرة للحصـول علـى موافقـة الهيئـات التنظيميـة؛ فثقـة الجمهـور فـي اللقاحـات ضروريـة".

1. Ju, B. *et al. Nature* **584**, 115–119 (2020).
2. Grifoni, A. *et al. Cell* **181**, 1489–1501 (2020).
3. Shrock, E. *et al. Science* https://doi.org/10.1126/science.abd4250 (2020).
4. Estcourt, L. J. & Roberts, D. J. *Br. Med. J.* **370**, m3516 (2020).
5. Kai-Wang To, K. *et al. Clin. Infect. Dis.* https://doi.org/10.1093/cid/ciaa1275 (2020).
6. Iwasaki, A. *Lancet Infect. Dis.* https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30783-0 (2020).
7. Edridge, A. W. D. *et al. Nature Med.* https://doi.org/10.1038/s41591-020-1083-1 (2020).
8. Kaneko, N. *et al. Cell* **183**, 143–157 (2020).
9. Ripperger, T. J. *et al.* Preprint at medRxiv https://doi.org/10.1101/2020.08.14.20174490 (2020).
10. Blanco-Melo, D. *et al. Cell* **181**, 1036–1045 (2020).
11. The RECOVERY Collaborative Group *N. Engl. J. Med.* https://doi.org/10.1056/NEJMoa2021436 (2020).
12. Bastard, P. *et al. Science* https://doi.org/10.1126/science.abd4585 (2020).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

nature

لأبناء إفريقيا حق التصرّف في بياناتهم الجينومية

بدأت الدراسات الجينومية في القارة السمراء تحظى أخيرًا بالاهتمام الذي تستحقه، بيد أن ثمة حاجة إلى تنويع مصادر تمويل هذه الأبحاث.

كشفت دراسة موسَّعة أُجريت على بيانات جينومية تعود إلى إفريقيين عن أكثر من ثلاثة ملايين من المتغيرات الجينية التي لم يسبق توصيفها من قبل، كان كثير منها في أفراد مجتمعات سكانية لم تؤخذ عينات حمض نووي منهم في السابق.

وتُعد هذه الدراسة حدثًا بارزًا وعلامة فارقة في مجال الأبحاث الجينومية؛ فهي تمثل بداية سد فجوة هائلة في قواعد بيانات الحمض النووي على مستوى العالم، التي لم تتضمن حتى الآن إلا القليل من البيانات الجينية عن الشعوب الإفريقية. وفي الوقت نفسه، فإن أغلب مؤلفي الدراسة ينتمون إلى مؤسسات مقرها إفريقيا. وينبغي أن يُحتفى بهذين الأمرين، إذ لا يُفترَض بفجوة البيانات عن القارة أن تكون كبيرة إلى هذا الحد، فإفريقيا هي أكثر القارات تنوعًا من الناحية الجينية، ومنها نشأ الإنسان المعاصر العاقل *Homo sapiens*. والمجموعات السكانية التي تعيش في القارات الأخرى تنحدر أصولها من مجموعات هاجرت من إفريقيا قبل عشرات الآلاف من السنين. ورغم أن هذه المجموعات تمثل جزءًا صغيرًا من التنوع الجيني في القارة السمراء، إلا أنها تهيمن على دراسات الحمض النووي، وتترتب عادةً على ذلك عواقب وخيمة.

فعلى سبيل المثال، اعتقد الباحثون خطأً لسنوات عديدة أن اضطراب التليف الكيسي الوراثي، الذي يقلِّص عمر المصابين به بدرجة كبيرة، لم يكن يصيب سكان إفريقيا[1]. ونتيجة لهذا، اقتصر بحث الأدوات التشخيصية على متغيرات جينية تحملها المجموعات السكانية الأوروبية. ومن ثم، أغفلت هذه الأدوات البحثَ عن الكثير من المتغيرات الجينية الأخرى الموجودة لدى المجموعات السكانية الإفريقية.

وفي بحث نُشر مؤخرًا في دورية *Nature*، أورد الباحثون في "الاتحاد المعنِيّ بعلم الوراثة البشرية والصحة في إفريقيا"، (المعروف اختصارًا باسم H3Africa)، التسلسلات الجينومية الكاملة لـ426 شخصًا من أنحاء شتى من إفريقيا، في 50 مجموعة إثنية لغوية) وهي المجموعات التي توحِّد بين أفرادها كل من اللغة، والإثنية[2]).

وقد عثر الباحثون في هؤلاء الأفراد على متغيرات جينية جديدة، بالإضافة إلى 62 موقعًا كروموسوميًّا جديدًا، تطرأ عليها عملية انتخاب جيني قوية، بمعنى أنها تتطور في الوقت الحالي، ويلعب كثير منها دورًا في المناعة الفيروسية، وإصلاح الحمض النووي، وعمليات الأيض. ومن ثم، قد تكون لها تطبيقات في علاج بعض الأمراض. كما احتوى الحمض النووي لهؤلاء الأفراد على أدلة على هجرات سابقة، وكذلك على حدوث اختلاط بين المجموعات السكانية.

وتمثل هذه الدراسة خطوة كبيرة للدراسات الجينومية الإفريقية، التي عانت طويلًا "استعمارًا أكاديميًّا"، على حد وصف نيل هانتشارد، المؤلف المشارك في الدراسة، وعالِم الجينات بكلية بايلور للطب في مدينة هيوستن، وذلك في إشارة منه إلى أن غالبية الدراسات السابقة قادها باحثون ووكالات تمويل من نصف الكرة الشمالي.

سُلط الضوء على تداعيات هذا الوضع الظالم في دراسة[3] صدرت في عام 2011، قادها أمبرواز وونكام، وهو عالِم طب الوراثة بجامعة كيب تاون في جنوب إفريقيا، إذ حدد فريقه 50 دراسة جينية لأشخاص من الكاميرون، نُشرت بين عامي1989 ، و2009. ووجد أن 28% فقط من مؤلفي هذه الدراسات كانت مقارّ أعمالهم في الكاميرون. وفضلًا عن ذلك، ركزت هذه الدراسات، بالدرجة الأولى، على مسائل كانت موضع اهتمام الباحثين، مثل أنماط الهجرة، بدلًا من المسائل التي قد تفيد سكان البلد. ولم يُجْرَ إلا القليل من الأبحاث عن مشكلات الصحة العامة، كما أن جميع العينات تقريبًا حُفظ في بقاع خارج إفريقيا، بمعنى أن اتخاذ القرارات النهائية بخصوص استخدامها كان بأيدي أشخاص غير إفريقيين.

> "اتخذ العلماء خطوة مهمة لإيضاح إمكانات الدراسات الجينومية الأفريقية".

وبالإضافة إلى هذا، فثمة مشكلات متعلقة بالموافقة المستنيرة على المشارَكة في الأبحاث، فالأشخاص الذين تطوعوا لمَنْح الدراسات البحثية عينات من أحماضهم النووية لم تكن تُقَدَّم إليهم عادةً معلومات كافية تسمح لهم بالإلمام التام بالكيفية التي سوف تُستخدم بها بياناتهم، ولم تُطلب آراؤهم كثيرًا في هذه المسألة، وهو ما أدى إلى فقدان الثقة بين الباحثين والمشاركين.

وفي السنوات الأخيرة، عارَض أفراد ومؤسسات في إفريقيا هذا الاتجاه. وقد تجلى ذلك في أوضح صوره في عام 2017، حين وضع شعب البوشمن في جنوب إفريقيا مدونة خاصة به للقواعد الأخلاقية المنظِّمة للأبحاث. ونتيجة لهذه الجهود جزئيًّا، فإن 23 من أصل 32 مؤلِّفًا في الدراسة الإفريقية الأحدث سالفة الذكر ينتمون إلى مؤسسات تقع مقارّها في إفريقيا، من بينها مؤسسات في جنوب إفريقيا، ومصر، وتونس، وأوغندا، ونيجيريا، والمغرب.

"من الخطوات المهمة تغيير السردية المسيطرة، وأنْ يأتي هذا التغيير من داخل إفريقيا"، هكذا قالت -في تصريح لدورية *Nature*- زانيْه لومبارد، وهي مؤلفة مشاركة أخرى في الدراسة، تعمل باحثة أولى في علم الوراثة البشرية بجامعة فيتفاترسراند في جوهانسبرج بجنوب إفريقيا.

يمثل "الاتحاد المعنِيّ بعلم الوراثة البشرية والصحة في أفريقيا" مبادرة قيمتها 150 مليون دولار أمريكي، تستمر لعشر سنوات، بهدف دعم المؤسسات في 12 دولة إفريقية. وفي ضوء نتائج الدراسة الحالية، اتخذ العلماء خطوة مهمة لإيضاح إمكانات الدراسات الجينومية الإفريقية. وساعد أيضًا المتبرعون للاتحاد -معاهد الصحة الوطنية الأمريكية (NIH)، وصندوق "وِيلْكَم" Wellcome الخيري لأبحاث الطب البيولوجي بإنجلترا- في تمكين جيل جديد من الباحثين.

وتجدر الإشارة إلى أنه في مثل هذا الوقت من العام الماضي، صرح فرانسيس كولينز، مدير معاهد الصحة الوطنية، أمام اجتماع لبعض الجهات الدولية المقدِّمة لتبرعات للأبحاث في أديس أبابا بأن معاهد الصحة الوطنية تتعهد بضمان المِلْكية الإفريقية للأبحاث التي تمولها في القارة. وهو هدف شديد الأهمية. بيد أن مِلْكية إفريقيا للأبحاث تحتاج كذلك إلى جهات تمويل من داخل القارة نفسها، لا سيما من الجهات الخيرية، والشركات؛ وذلك لخلق فرص تمويل جديدة للباحثين، على نحو يسمح بصياغة المزيد ممّا يتصل بالأبحاث من إشكاليات بحثية، وأولويات، ونتائج مرجوة على الصعيد المحلي، والوطني، والإقليمي.

تزخر الدراسات الجينومية الإفريقية بإمكانات هائلة لدفع عجلة البحث العلمي، وتحسين فهم الأمراض وعلاجها داخل القارة وخارجها، بالنظر إلى الأصول المشتركة للبشر. ومن أجل تحقيق الاستفادة الكاملة من تلك الإمكانات، سنحتاج إلى بناء تعاوُن حقيقي، تأتي من خلاله التمويلات البحثية من مصادر مناسبة داخل إفريقيا، ومن جميع أنحاء العالم.

1. Stewart, C. & Pepper, M. S. *Genet. Med.* **18**, 653–662 (2016).
2. Choudhury, A. *et al. Nature* **586**, 741–748 (2020).
3. Wonkam, A., Azabji Kenfack, M., Muna, W. F. T. & Ouwe-Missi-Oukem-Boyer, O. *Dev. World Bioeth.* **11**, 120–127 (2011).



كتب بواسطة
كيت بِنجهام

في مواجهة الجوائح المستقبلية: علينا الاستعداد من الآن

ترى رئيسة فريق العمل المعنِيّ بلقاحات مواجهة جائحة كورونا في المملكة المتحدة أن بطء العمليات اللوجيستية يجب ألا يقف عائقًا أمام إسراع وتيرة الأبحاث.

في الوقت الحالي، يخضع عدد كبير من اللقاحات الواعدة في التصدي لمرض "كوفيد-19" Covid-19 لمراحل من الدراسات التي تُجرى على البشر، وتواجهه مخاوف تتعلق بإسراع وتيرة الدراسات الإكلينيكية، على حساب سلامة المرضى، بيد أنه لا تحدث ممارسات كهذه، وبالتالي، ليس هذا ما يؤرقني. إن مثار قلقي -بالدرجة الأولى- هو العوائق التي تحول دون طرح لقاحات مكافحة الجائحة على مستوى العالم، وذلك حال ثبوت أمان هذه اللقاحات وفعاليتها، إذ لا يُلتفت إلا قليلًا إلى معظم مشكلات العمليات اللوجيستية التي من شأنها عرقلة إمداد هذه اللقاحات. لذا، يجب علينا أن نضع خططًا لهذه العمليات، حتى نُسرّع عملية تلقِّي اللقاحات، دون تعريض سلامة الأشخاص للخطر.

لستُ متخصصة في مجال المناعة، ولا الفيروسات، ولا الأوبئة. وقد عملت على مدار الثلاثين عامًا الماضية مستثمِرة في مشروعات جريئة في حقل التكنولوجيا الحيوية. وفي مايو الماضي، عُينتُ رئيسةً لفريق عمل المملكة المتحدة المعنِيّ باللقاحات. وتتمثل مهمتنا الأساسية في تحديد اللقاحات التي يُحتمل أن تحرز نجاحًا أكبر في مواجهة الجائحة، وتصنيعها، وتطويرها، وتوفيرها سريعًا للمواطنين الذين يحتاجون إليها. فقد أتاحت لنا جائحة "كوفيد-19" فرصة لإرساء نظام دائم لتوفير اللقاحات على نحو سريع وآمِن، تحسبًا لأي جائحة مستقبلية، إذ يجب أن تصبح هذه الإجراءات اعتيادية وموثوقًا بها، مثلما هو الحال فيما يخص إنتاج لقاحات الإنفلونزا سنويًّا.

وقد لاحظتُ مرارًا وتكرارًا دراسات علمية مذهلة يعرقلها الواقع "الممل" لتلك الإجراءات، بما في ذلك بطء توسيع نطاق إنتاج اللقاحات، وتأخُّر صدور الموافقات القانونية الخاصة بها أو البطء الناجم عن قصور العمليات اللوجيستية أو الخلافات التنظيمية أو عدم الإفصاح الكافي عن البيانات، مثلما رأينا في جائحة الإيبولا. وتكمن المشكلة في كثير من الأحيان في البِنية التحتية لأنظمة الإمداد، لا الأبحاث العلمية، ولا التجارب الإكلينيكية. لذا، يجب علينا الآن بذل جهود مضنية، للتأكد من أن هذا لن يعطل توفير اللقاحات التي نحتاجها في أي جائحة مستقبلية.

وعندما قبِلتُ قيادة فريق العمل المعنِيّ باللقاحات، وضعتُ شروطًا تسمح بتسريع وتيرة توفير اللقاحات. فعلى سبيل المثال، تتطلب عادةً الإجراءات الحكومية سلسلة من الاعتمادات من كل إدارة معنية، بيد أن فريقنا يعمل على وجه السرعة وبالتوازي، فنموِّل عمليات توسيع نطاق تصنيع اللقاحات بالتوازي مع الدراسات الإكلينيكية. كما وضعنا إجراءً محددًا لاستصدار الموافقات الوزارية؛ من أجل مواجهة التزامات الإنفاق. وتنسيق العمليات هذا لا غنى عنه، لضمان سرعة وضع تدابير مضادة للجائحة، واتخاذ القرارات.

أما اللقاح المثالي للجائحة، فيُتوقع أن يكون آمنًا بدرجة مقبولة للجميع، وفعالًا في تحفيز استجابة مناعية وقائية دائمة، وقابلًا لزيادة إنتاجه سريعًا، وألا يتأثر بدرجة حرارة الغرفة، وأن يحقق فعاليته بجرعة واحدة، ويتسم بسعر مناسب، غير أن جميع اللقاحات المرشحة حاليًّا لمواجهة الجائحة لا يتمتع بكل هذه الخصائص، فحتى اللقاحات القائمة على الحمض النووي الريبي المرسال من الفيروس -وهي المتقدمة في سباق اللقاحات- تتطلب أنْ تُخَزَّن في درجات حرارة شديدة البرودة، وأن تُعطَى منها جرعتان على الأقل. وعلينا أن نضع نصب أعيننا تسهيل تصنيع

> لاحظت مرارًا وتكرارًا دراسات علمية مذهلة يعرقلها الواقع "الممل" للإجراءات".

كيت بنجهام رئيس فريق عمل المملكة المتحدة لإنتاج اللقاحات، وشريك إداري في شركة "إس في هيلث أنفستورز" SV Health Investors، التي مقرّها لندن.
البريد الإلكتروني: kate@svhealthinvestors.com

اللقاحات، ونقلها، وإعطاءها للأفراد، وأن نستثمر في تحقيق هذه الغاية.

ويُعَد لقاح الإنفلونزا الموسمية السنوي مثالًا يُحتذى به في السرعة التي يجري بها استخراج الموافقات التنظيمية اللازمة له، دون تعريض سلامة مَن يتلقّونه للخطر، إذ يُنتَج لقاح جديد سنويًّا ضد فيروس الإنفلونزا الموسمي، ويسلك استصدار الموافَقات الخاصة به مسارًا معتادًا. وبمجرد الموافقة على شكل لقاح للجائحة، سيتعين على الجهات التنظيمية أن تدرس أي مخاطر جديدة قد يشكلها هذا اللقاح. ومن ثم تُصمَّم تجارب إكلينيكية سريعة، بهدف تخفيف هذه المخاطر، وتسريع وتيرة استصدار الموافقات مستقبلًا.

ويمكن أن تضع البلدان، من الآن، بنودًا لإصدار موافقة مشروطة على لقاحات الجائحة، بما يسمح بتوزيع هذه اللقاحات سريعًا، حتى قبل الاعتماد النهائي لها. وعلى سبيل المثال، سلكت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA) خطوة في الاتجاه الصحيح، من خلال وضع معايير محددة لاعتماد اللقاحات. ونحن أيضًا بحاجة إلى بِنية تحتية عالمية مترابطة تسمح برقابة استباقية أولًا بأول، تحسبًا لوقوع أي آثار ضارة ناجمة عن تلقِّي اللقاحات، ولرصد فاعليتها فور بدء استخدامها؛ فهذا ضروري للحفاظ على ثقة الناس وسلامتهم.

وبمرور الوقت، ينبغي لنا أن نتبنى تلك الأساليب المتبعة لتطوير عقاقير السرطان، لتحسين تجارب اللقاحات، تحديدًا عن طريق ربط الاستجابات المناعية والمؤشرات الحيوية الأخرى بنتائج الدراسات الإكلينيكية. أما فيما يخص"كوفيد-19"، فإن دراسات التحدي البشري، التي تشمل مجموعات مقارنة، قد تلعب دورًا في توفير بيانات عن أمان اللقاحات وفعاليتها سريعًا عندما تتوفر علاجات لحماية المتطوعين من الإصابة الخطيرة بالمرض.

ويجب أيضًا تحسين عمليات تصنيع اللقاحات، وتعزيز القدرة العالمية على إنتاجها، فعلينا بناء منشآت لتصنيعها حول العالم تتسم بالمرونة، وإمكانية التوسعة، إضافة إلى إمكانية توظيفها للاستخدامات المتعلقة بالجائحة، إذا دعت الحاجة إلى ذلك. ويجب أن تتمتع هذه المنشآت بقدرة مالية على الاستدامة، وبقوة عاملة، وبِنْية تحتية. والاستثمار في تقنيات التعبئة المعقمة، منخفضة التكلفة، والقابلة بدرجة كبيرة لتوسيع نطاقها، مثل القوالب البلاستيكية التي تُنتَج بكميات كبيرة (لتحل محل القَناني الزجاجية عالية التكلفة)، يمكن أيضا أن ينقذ حياة الكثير من الناس.

ولكنني أؤمن بحاجتنا الماسة إلى كيان عالمي دائم لشراء لقاحات مكافحة الجائحة، وتمويلها، حتى يتسنى للدول الغنية والفقيرة،على حد سواء، الحصول على هذه اللقاحات بالتوازي. ونرى البداية الواعدة لذلك في مبادرة "كوفاكس" COVAX لمواجهة جائحة "كوفيد-19"، التي تشارك في قيادتها منظمة التحالف العالمي للقاحات والتحصين "جافي"GAVI، وهي مموِّلة لعمليات توفير اللقاحات في الدول محدودة الدخل، تدعمها -من بين جهات أخرى- المملكة المتحدة التي تعهدت برصد مبلغ بقيمة 500 مليون جنيه إسترليني (647 دولارًا أمريكيًّا) للمبادرة. وتسمح مبادرة "كوفاكس" للدول الغنية بشراء اللقاحات لمواطنيها وللدول الفقيرة، بيد أن تسعة أشهر كانت قد انقضت بالفعل منذ بداية الجائحة عندما اتفقت أطراف المبادرة رسميًّا عليها. ولو كانت هناك آلية عالمية قائمة بالفعل لتمويل إنتاج لقاحات للجائحة -كما طالب البعضُ بعد جائحة فيروس الإيبولا- لاستغرق الوفاء بالالتزامات التمويلية في هذا الصدد أقل من شهر، ولتَبِعَتْه مباشرة اتفاقات الإمداد، ولانْتَفَتْ الحاجة إلى الاتفاقات الثنائية.

إنّ كل هذه الجهود يجب أن تُنسَّق، وتستمر لما بعد جائحة "كوفيد-19". فهناك على الأقَل تسع سلالات من فيروس كورونا لم تنتقل بعد من الخفافيش إلى البشر. وهذه السلالات، فضلًا عن الأمراض الأخرى حيوانية المنشأ والطفرات في السلالات الحالية، تجعل الأوبئة المستقبلية واردة الحدوث، ويتمثل التحدي الذي نواجهه في الانتقال من مرحلة الجهل بطبيعة العدوى إلى مرحلة توفير اللقاح بأسرع ما يمكن في أقل من ستة أشهر، على أفضل تقدير.

TOM KATES

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

رؤية كونية



كتب بواسطة
أليكساندرا سيتشوكا

تعزيز الرفاهية العامة سلاحُنا في مواجهة نظريات المؤامرة

مَنْع تَجَذُّر المعلومات المضللة خيرٌ من محاولة التخلص منها.

قد تؤدي نظريات المؤامرة إلى خفض معدلات المشاركة السياسية، وإعاقة الجهود الرامية إلى حماية البيئة، وكذلك التحريض على العنف. كما يمكن للانخراط في جماعات تتبنى نظريات المؤامرة على شبكة الإنترنت، مثل "كيو أنون" QAnon، أن يُسهِم في تأجيج التطرف الذي ينطوي على ممارسة العنف. هذه هي النتائج التي خلص إليها تحليل صادر في عام 2020 A. Amarasingam and M.-A. Argentino) (*CTC Sentinel* **13**(7), 37–44; 2020). رصد التقرير كذلك أن الأشخاص الذين يؤمنون بنظريات المؤامرة تقل احتمالية امتثالهم لإجراءات الصحة العامة، مقارنةً بغيرهم ممن لا يعتنقون أيًّا من هذه النظريات؛ وهو ما دفع منظمة الصحة العالمية إلى دعوة الدول إلى العمل على التصدي لانتشار المعلومات الزائفة.

ولكن كيف لهذا الهدف أن يتحقق؟ لقد وقع عليَّ الاختيار، ضمن شبكة ضمَّت أكثر من مائة شخصية أكاديمية، للمشاركة في إنجاز إصدار 2020 من "دليل راوتليدج لنظريات المؤامرة" Routledge Handbook of Conspiracy Theories. في هذا الدليل، الذي يقع في 48 فصلًا، نجد أن فصلًا واحدًا فحسب هو ما خُصص للبحث في كيفية التغلب على نظريات المؤامرة بصورة مباشرة. وقد خَلُص الفصل إلى أن نشر نظريات المؤامرة أسهل من دحضها، بالنظر إلى أن تصحيح المعتقدات الراسخة أمر شديد الصعوبة.

ولذا، فإن مَنْع تجذُّر الأكاذيب، من البداية، أفضل من محاولة اقتلاعها بعد ذلك، وهو ما يستلزم إمعان النظر فيما وراء محتوى تلك الأكاذيب، وتتبُّع المنصات والخوارزميات التي تغذي انتشارها. نحن بحاجة إلى التفتيش عن الأسباب التي تجعل الناس سريعي التأثر بالأكاذيب. وإنني معنية بدراسة تأثير السمات والدوافع النفسية على المعتقدات. فالمعتقدات الأيدولوجية هي نتاج إشارات تصدُر من الساسة ووسائل الأعلام (متجهةً من القمة إلى القاعدة) من جهة، ونتاج آليات نفسية (تنبع من القاعدة إلى القمة) من جهةٍ آخر. وقد طُبق هذا النموذج النظري على معتقدات المؤامرة في مئات الدراسات. أما الطرح الذي نقدمه -أنا والزملاء المشاركون معي- فيقول بوجود ثلاثة احتياجات نفسية عامة تشكل أساسًا للاعتقاد في نظريات المؤامرة، وهي: حاجتنا إلى فَهْم العالَم، والحاجة إلى الشعور بالأمان، والحاجة إلى الشعور بالانتماء، إضافةً إلى الرضا عن الذات والفئات الاجتماعية التي ننتمي إليها.

والملاحَظ أن الأشخاص الذين يتخذون موقف الدفاع أكثر عُرضةً من غيرهم لتبَنِّي نظريات المؤامرة، ربما في محاولة منهم لتفادي اللوم عندما يتعرضون لإخفاقات. وقد ربطت الدراسات كذلك بين أفكار المؤامرة، والشعور بقِلّة الحيلة، والقلق، والعزلة، والاغتراب. فالأشخاص الذين يشعرون بأنهم تروس منعدمة القيمة في الآلة السياسية الكبيرة، يميلون إلى افتراض أن ثمة تأثيرات شيطانية تلقي بظلالها على حياتهم.

يلجأ الساسة إلى إزكاء هذه المخاوف حين يشعرون بالتهديد. ففي خضم مُعترَك الانتخابات الرئاسية الأمريكية، تَحَدَّث الرئيس دونالد ترامب عن "عمليات تلاعب"، وطائرات تعج بالخارجين على القانون. وعلى نحو مماثل، ألمح ياروسلاف كاتشينسكي، زعيم حزب القانون والعدالة البولندي، إلى أن الاحتجاجات ضد قانون حظر الإجهاض تقف وراءها قوى تهدف إلى إسقاط الدولة، وأنَّ ثمة دلائل على تَلَقِّي أفرادها تدريبًا متخصصًا.

ويمكن القول إن جائحة "كوفيد-19" قد أنتجَت وضعًا مثاليًّا للوقوع في براثن نظريات المؤامرة، مع ارتفاع منسوب الريبة والقلق بين الناس، كما إنّ

> **"إنّ إغفال معالجة أزمة الصحة النفسية يجعلنا عُرضة لاستمرار أزمة المعلومات الكاذبة"**

أليكساندرا سيتشوكا
أخصائية علم النفس السياسي بجامعة كِنت في مدينة كانتربري في المملكة المتحدة، وباحثة منتسبة إلى جامعة نيكولاس كوبرنيكوس في تورون في بولندا.
البريد الإلكتروني: a.k.cichocka@kent.ac.uk

فرض تدابير الإغلاق والتباعد الاجتماعي يقود إلى حالة من العزلة، فلا عجب أن يلجأ الأشخاص الذين يجدون صعوبةً بالغة في فهْم هذه الملابسات غير المسبوقة إلى تفسيرات غير عادية.

هل يعني ذلك أن التعافي من الوباء سيعقُبُه تعافٍ من "وباء المعلومات" كذلك؟ أخشى أن هذا لن يحدث.

أولًا، صحيح أن القدرة على الاختلاط بحُرّية أكبر قد تؤدي إلى التخفيف من بعض الاحتياجات الاجتماعية، ولكن مشاعر الأسى، والريبة، والعجز، والتهميش لن تترك هؤلاء الذين فقدوا صحتهم، أو أحباءهم، أو وظائفهم، أو فرص تعليمهم، وما إلى ذلك. ولذا، فلا بد أن ترمي خطط التعافي إلى ما هو أبعد من الانتعاش الاقتصادي والصحة البدنية؛ حيث إنّ إغفال معالجة أزمة الصحة النفسية يجعلنا عُرضة لاستمرار أزمة المعلومات الكاذبة.

وثانيًا، نحن لا نعرف سوى أقل القليل عن الكيفية التي تتغير بها قابلية الأفراد للتأثر بنظريات المؤامرة بمرور الوقت. وحتى التقلبات النفسية اليومية قد تلعب دورًا في ذلك، وأكبر الظن أن الناس يركَنون إلى نظريات المؤامرة في اللحظات التي تثير القلق لديهم. كما أنه من المهم كذلك فهْم الآثار الممتدة للأحداث الكبرى. وقد رصد تحليل للرسائل الموجهة إلى محرري جريدتي "النيويورك تايمز"، و"شيكاجو تريبيون"، خلال الفترة بين عامَي 1890 و2010، ارتفاعًا في المحتوى الذي تجلَّت فيه نظرية المؤامرة وصل إلى حد الذروة في أوائل الخمسينات من القرن الماضي، أي في أعقاب الحرب العالمية الثانية (J. E. Uscinski and J. M. Parent *American Conspiracy Theories* https://doi.org/ggtcsb;2014). ومع ذلك، فإن الأبحاث الطولية في هذا المجال تتسم بالصعوبة والندرة. وإذا زادت الدراسات التي تتتبع الاستجابات النفسية للوباء، فمن شأن ذلك أن يُثمِر رؤى وأفكارًا ترشدنا إلى التدخلات اللازمة.

وفي الوقت نفسه، ينبغي ألا ننصرف عن غير ذلك من الطُّرُق التي يُقصد بها تصحيح المعلومات الخاطئة، ووقف انتشارها. فإذا كان من الصعوبة بمكان كشف زيف المعلومات، فإنه يبقى هدفًا ممكن التحقيق. ولما كان الأمر كذلك، فلا بد أن يعمد القائمون على كشف الأكاذيب إلى شرح السبب الذي يجعل تلك المعلومات كاذبة، وأن يلفتوا الانتباه إلى الاستراتيجيات التي تُستخدم بغرض الخداع، وأن يقدموا الحقائق الفعلية، بدلًا من الاكتفاء بوصف المعلومات المذكورة بأنها خاطئة، أو مضلِّلة.

وثمة وسيلة أكثر فاعلية، تتمثل في استراتيجية "التصحيح الاستباقي". تهدف هذه الطريقة إلى تحذير الأشخاص من احتمال تعرُّضهم لمعلومات مضللة، قبل أن تعرف سبيلها إليهم، ويقتنعوا بها. وتُظْهِر ألعاب متاحة عبر الإنترنت، مثل لعبتَي "باد نيوز" *Bad News*، و"جو فايرل" *Go Viral*، كيفية انتشار الأخبار المزيفة، ويبدو أنها تعزز ميل الأشخاص إلى التشكك فيما يتلقون من أخبار ومعلومات. إنّ دفْع الأشخاص برفق صوب التفكير في مدى دقة الأخبار يثنيهم عن مشاركة الأخبار المزيفة.

ويمكن أن تتوسع هذه التأثيرات من خلال التجاوب مع احتياجات الناس النفسية، وهو ما قد يجعل نظريات المؤامرة، وغيرها من المعلومات المضللة، أقل إغواءً، إضافةً إلى رفع مستوى الرفاهية العامة. كما يُسهِم التعليم في التصدي لنظريات المؤامرة، بالنظر إلى أنه يُنَمِّي مَلَكَة التفكير التحليلي لدى الفرد، ويجعله أكثر استعدادًا لمجابهة تلك الأفكار. وثمة إجراءات أخرى تُعزز الشعور بالهوية المشتركة، وترسيخ مشاعر الانتماء، ووجود معنًى للحياة.

ولنا أن نرى في مواجهة نيوزيلندا للجائحة نموذجًا مشجعًا، فقد شددت رئيسة الوزراء جاسيندا أردين على مبادئ التضامن والشفافية في اتخاذ القرار، وغرسَت في المواطنين شعورًا بالإصرار على تحقيق هدف بعينه. وتشير البيانات المبكرة إلى أنه على الرغم من زيادة معدلات الاضطراب أثناء فترة الإغلاق، لم يسقط النيوزيلنديون في شراك نظريات المؤامرة، بل أظهروا مزيدًا من الثقة في العِلْم. ولذلك ما أحرانا بنشر هذا النموذج، وتعميمه على الصعيد العالمي!

أضواء على الأبحاث

نساء ما قبل التاريخ امتهَنّ صيد الطرائد الكبيرة

مِن المدهش أنّ أقدم قبر معروف لصيّاد في الأمريكتين يخصّ أنثى شابة، مما يعزز تقويض الصورة النمطية المأخوذة عن "الصياد باعتباره ذكرًا".

فمِن اللافت للنظر أنه في المجتمعات المعتمِدة على الصيد وجمْع الثمار، التي جرى توثيقها على مدار القرن الماضي، جرت العادة أن يتولى الرجل عملية الصيد، فيما يقتصر دور المرأة على جمع الثمار، ولكن بتحليل قبرٍ عُمْره 9000 سنة، ممتلئ بأدوات الصيد، تبين أنه كان يخص أنثى لا يتجاوز عمرها تسعة عشر عامًا. أجرى هذا التحليل راندي هاس في جامعة كاليفورنيا بديفيس وزملاؤه.

يحتوي القبر، الواقع أعلى جبال الأنديز جنوب بيرو، على رؤوس أسهم حجرية كانت تُستخدَم في قتل الحيوانات البرية الضخمة، وشفرات حجرية لتقصيب الطرائد ميدانيًّا. ولاحظ الباحثون أن كثيرًا من هذه القطع الأثرية كان مرصوصًا بعناية، وكأنها كانت موضوعة داخل كِنانة أحد الصيادين. عندئذ، جَمَّع مؤلفو الدراسة بيانات عن قبور واقعة في الأمريكتين، تضم معدات لصيد الحيوانات البرية الضخمة، وتعود إلى حقبة ما قبل التاريخ. ووجد مؤلفو الدراسة أنّ هناك 11 أنثى من بين إجمالي عدد قدره 27 فردًا مدفونين داخل هذه القبور، مما يشير إلى شيوع امتهان الإناث مهنة الصيد في الأمريكتين خلال عصور ما قبل التاريخ.

Sci. Adv. (2020)



GETTY

تغيُّر المناخ يكسو سهول التُندرا القطبية بالأخضر

اكتشف الباحثون أن أجزاءً من سهول التُندرا القطبية الجرداء أصبحت أكثر اخضرارًا بفعل الارتفاع المستمر في درجات الحرارة، الذي يحفز نمو النباتات.

كانت صور الأقمار الاصطناعية منخفضة الاستبانة، وكذلك بعض المشاهدات العينية على الأرض، قد أظهرت أن هذه منطقة، التي تضمُّ سهولًا يغطيها الجليد عادةً، وتتناثر فيها النباتات الصغيرة شديدة التحمل، أصبحت أكثر اخضرارًا منذ ثمانينات القرن العشرين. ومؤخرًا، أقدم الباحث لوجان بيرنر من جامعة نورثرن أريزونا في مدينة فلاجستاف وزملاؤه على تحليل صور عالية الاستبانة التقطتها مجموعة الأقمار الاصطناعية "لاندسات" المستخدَمة في رصد الأرض.

انتهى الفريق إلى أنه خلال الفترة الممتدة بين عامي 1985 و2016 أصبحت أجزاء من السهول أكثر اخضرارًا بشكلٍ ملحوظ، بلغت نسبتها 37%، وشملت أجزاءً من غرب أوراسيا وأمريكا الشمالية. ومنذ مطلع هذا القرن، تركَّز الاخضرار عند خطوط العرض الأكثر ارتفاعًا.

وتوضح سجلات درجات الحرارة أن درجة حرارة الهواء والتربة في القطب الشمالي صيفًا ارتفعَتْ في المتوسط خلال فترة إجراء الدراسة. ورغم ذلك، لم تتحوَّل النسبة الأكبر من هذه الأراضي إلى الأخضر، بل إنَّ هناك مناطق، مساحتها 5% من سهول التندرا القطبية، أصبحت أميَل إلى اللون البُني منها إلى الأخضر.

يُذكر أن التغيُّرات التي تطرأ على الغطاء النباتي في القطب الشمالي تؤثر على كيفية دوران الكربون في التربة والغلاف الجوي، وعلى كيفية استخدام الأحياء البرية والبشر للأراضي الطبيعية، ومدى عرضة سهول التُندرا لمخاطر اندلاع الحرائق الطبيعية.

Nature Commun. (2020)

بقايا بشرية قديمة تكشف النقاب عن مذبحة وحشية

طفلٌ رضيع، وآخرُ لا يتجاوز عمره بضع سنوات، وفتاة مراهقة محلَّاة بالأساور... هؤلاء بعض مَن قُتلوا، وعُثر على رُفاتهم في بلدة تعود إلى عصر ما قبل التاريخ. يشهد هذا الاكتشاف على أنَّ مذبحة قد وقعت قبل ما يربو على 2300 عام.

يُذكر أن مستوطنة لاهويا، الواقعة فيما يُعرَف الآن بدولة إسبانيا، كانت قد اكتُشفت في عام 1935، غير أنها لم تنَل من الاهتمام البحثي إلا قليلًا. وعليه، أقدَمَتْ الباحثة تيريزا فيرناندز كريسبو من جامعة أكسفورد بالمملكة المتحدة وزملاؤها على تحليل مجموعة من العظام البشرية التي عُثر عليها هناك، وحددوا من بينها بقايا 13 شخصًا في مراحل عمرية مختلفة، من الأطفال الرُّضَّع، حتى الأشخاص البالغين.

وقد تبيَّن للباحثين أن العظام تحمل علامات بتر، ما يشير إلى أن مرتكبي المذبحة بتروا أطراف الضحايا قبل الإجهاز عليهم، وقطعوا رأس واحد منهم على الأقل. كما لوحظ أن بعضهم قد هوجم من الخلف، ولم يُعثر مع رُفاتهم على أيّ أسلحة تدلُّ على محاولتهم الدفاع عن أنفسهم. وقد حمَلَتْ العظام كذلك آثار حروق.

ويعتقد الباحثون أن هناك المزيد من البقايا التي لم تُكتشف بعد في هذه المستوطنة، التي هجرها سكانها عقب وقوع المذبحة. وتشير هذه البقايا إلى أن الشعوب التي سكنت هذه المنطقة في عصور ما قبل التاريخ كانت قادرة على ممارسة العنف المفرط والمنظم، قبل وقت طويل من مجيء الرومان، المشهورين بالعنف.

Antiquity **94**, 1245–1262 (2020)



T. FERNÁNDEZ-CRESPO *ET AL.*/*ANTIQUITY*

DAVID A. LEIGH

كيميائيون ينجحون في ابتكار «العقدة اللا نهائية»

ابتكر كيميائيون أول جزيء يتخذ شكل بنيةٍ يُطلق عليها العقدة اللا نهائية، وهي أحد رموز التفاؤل الثمانية لدى بعض العقائد الشرقية، ومنها البوذية والهندوسية. وبذا، تكون هذه إحدى أكثر العقد تعقيدًا، من بين العُقد الجزيئية التي أمكن تركيبها حتى الآن.

غالبًا ما تتشكل العقد تلقائيًّا في الحمض النووي وغيره من البوليمرات، وهي جزيئات تتألف من وحدات فرعية متكررة ومتصلة في سلسلة طويلة. إلا أن علماء الكيمياء بإمكانهم تركيب عقدة جزيئية معينة عن طريق توجيه الجزيء نحو الالتواء والدوران بالطريقة المرغوب فيها.

وعوضًا عن ذلك، أخذ ديفيد لي، الباحث بجامعة مانشستر بالمملكة المتحدة، ومعاونوه، في ترتيب مجموعة بوليمرات عضوية تتسم بقدر ملائم من المرونة، بحيث تتخذ هيئة نسيج متشابك. ثم عمدوا إلى ربط النهايات المفتوحة للبوليمرات، لتشكِّل حلقة واحدة لا نهائية.

ونتجت عن هذه العملية عدة أنواع من العقد، منها عقدة لا نهائية، تحوي 258 ذرة و7 تقاطعات. واستعان أعضاء الفريق بتقنيتين، هما الرنين المغناطيسي النووي، وتصوير البلورات بالأشعة السينية، للتأكد من نجاحهم في استحداث عُقد لا نهائية. ويقول الباحثون إنَّ من الممكن تطوير هذه التقنية لإنتاج جزيئات ومواد منسوجة أكبر حجمًا.

Nature Chem. (2020)

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

السرُّ وراء اشتهاء البعوض للدم


SMITH COLLECTION/GADO/GETTY

يحتوي الخرطوم الشبيه بالإبرة لدى أنثى بعوض "الزاعجة المصرية" على خلايا عصبية متخصصة، تُميز بين الدم والرحيق.

اكتشف العلماء أن إناث البعوض تشتهي الدم. فقد تبيَّن لهم أن الخرطوم الشبيه بالإبرة لدى أنثى بعوض "الزاعجة المصرية" *Aedes aegypti* (موضحة بالصورة) يحتوي على خلايا عصبية متخصصة، تُميز بين الدم والرحيق.

ومن المعلوم أن إناث البعوض تتغذى على رحيق النبات، غير أنها تُفتش أيضًا عن الدم لتحصل منه على العناصر الغذائية اللازمة لإنتاج البيض. وقد رصدت الباحثة ليسلي فوشال، من جامعة روكفلر في مدينة نيويورك، وزملاؤها، نشاط الخلايا العصبية الحسية الموجودة في الزائدة المعروفة باسم "المِرود" stylet، والتي تستخدمها هذه الحشرات في التغذية على الدم. وتبّين لهم أن هذه الخلايا العصبية لا تبدأ إطلاق إشاراتها إلا في وجود الدم، وليس عندما تتعرض للمواد السكرية، مثل سكر الفركتوز، الذي يوجد فقط في الرحيق.

كما أظهرت التجارب التي أجراها الفريق أن الخلايا العصبية في المِرود، التي تستجيب للدم، تنشط أيضًا عند تعرضها لمزيج مكوَّن من أربعة من العناصر التي تدخل في تركيب الدم، وهي: كلوريد الصوديوم، والجلوكوز، وجزيء ATP الحامل للطاقة، وبيكربونات الصوديوم، وهي المُنظِم الرئيس لدرجة الحموضة في الدم. وكذلك فقد لوحظ أن تلك الخلايا العصبية لم تستجب للجلوكوز الخالص، الذي يُعد مُكوّنًا أساسيًا من مُكوّنات الرحيق.

ويرى الباحثون أن الوقوف على الطريقة التي يتعرف بها البعوض على الدم من شأنه أن يُسهم في منع هذه الحشرات من نشر الأمراض الفتّاكة (مثل الحُمى الصفراء) عن طريق لدغاتها.

Neuron (2020)

تعقيم المعدات الطبية باستخدام أشعة الشمس

يمكن لمادة عازلة رقيقة أن تضاعف كفاءة الجهاز الذي يحوِّل أشعة الشمس إلى حرارة، مما يتيح استغلال الطاقة الشمسية في إنتاج البخار المستخدَم في تعقيم المعدات الطبية.

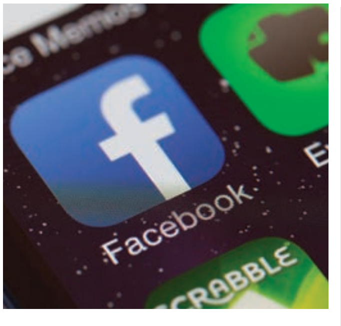
ويُعَد التعقيم الطبي لمنع انتقال العدوى إجراءً معتادًا في البلدان ذات الدخل المرتفع، لكنه أقل اعتيادًا في البلدان التي تفتقر إلى مصدر موثوق للحصول على الطاقة. ومن المعلوم أن أجهزة امتصاص الطاقة الشمسية المستخدَمة حاليًّا يمكنها تجميع الحرارة من ضوء الشمس، لكنها لا تنجح في تركيزها بما يكفي لتوليد البخار.

وعليه، أقدمَتْ إفيلين وانج، من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في مدينة كامبريدج الأمريكية، وزملاؤها على إجراء تعديلات على أحد أجهزة امتصاص الطاقة الشمسية المتوفرة في الأسواق، عن طريق إضافة طبقة رقيقة من القراميد المصنوعة من الفوم إلى سطح الجهاز النحاسي الذي يتولى تجميع الحرارة. ويحتوي الفوم على جسيمات نانومترية الحجم من مادة السيليكا توفِّر الشفافية، كما أنه غني بالثقوب التي تساعد على احتباس الحرارة، مما يتيح للضوء النفاذ من خلاله إلى الداخل، وفي الوقت نفسه يمنع الحرارة من الإفلات.

وقد وضع الباحثون كميةً من الماء في غرفة مغلقة متصلة بالجهاز المعدل فوق سطح أحد الأبنية في مدينة مومباي الهندية. ولُوحظ أن الماء أخذ يغلي في غضون خمس دقائق. وعلى مدى 30 دقيقة، نجح الجهاز في إنتاج بخار عند حرارة وضغط كافِيَين للقضاء على الميكروبات.

ويأمل الباحثون في أن يساعد جهازُهم غير المكلف سكانَ المناطق فقيرة الموارد على تجنب العدوى المُكتَسَبة في المنشآت الطبية.

Joule (2020)



ALAMY

الصدق خير طريقة للتعامل مع «فيسبوك».. لماذا؟

عندما تمُوج وسائل التواصل الاجتماعي بسيل من الأخبار الإيجابية على صفحات الأصدقاء، قد يقع المرء في إغواء رسم صورةٍ مضخَّمة عن الذات، والمُنجزات الشخصية. إلا أنَّ تحليلًا أجْرته إريكا بيلي، وساندرا ماتس، من جامعة كولومبيا الواقعة في مدينة نيويورك، وزملاؤهما، يشير إلى أن تحرِّي الصدق ربما يكون هو السبيل الأفضل.

فقد جمع الفريق إجابات عددٍ من المشاركين في استبيانٍ على موقع التواصل الاجتماعي "فيسبوك"، بلغ 10,560 مشاركًا، لتقييم شخصياتهم، ومدى رضائهم عن حياتهم، ثم قارنوا هذه البيانات بنتائج نماذج طُوِّرت من أجل استنباط السمات الشخصية للأفراد، استنادًا إلى نشاطهم على الموقع نفسه. ووجدوا أن من جاءت تقييماتهم لسماتهم الشخصية مطابِقةً إلى حدٍّ معقول لسلوكهم على الموقع -أي الذين تحلَّوا بدرجةٍ أعلى من الصدق في التعبير عن أنفسهم- أفادوا بأنهم أكثر رضاءً عن حياتهم، مقارنةً بأولئك الذين جاءتْ أوصافهم لأنفسهم مغايرةً لسلوكهم.

هل يعني ذلك أنَّ توخي الصدق على وسائل التواصل الاجتماعي يجعلك أكثر سعادة، أم أن صدق المرء في التعبير عن نفسه هو انعكاس لسعادته؟ وللإجابة عن هذا السؤال، رصد الباحثون أجرًا لبعض المشاركين، مقابل قضاء أسبوعٍ واحدٍ على وسائل التواصل الاجتماعي، يتوخّون خلاله الصدق في منشوراتهم، وأسبوعٍ آخر يقدمون خلاله "صورة مثالية عن أنفسهم". وتشير النتائج الأولية لدراسة هذه المجموعة المصغَّرة من المشاركين إلى أن الصدق في التعبير عن الذات يُحسِّن الحالة المزاجية.

Nature Commun. **11**, 4889 (2020)

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أضواء علي الأبحاث

PAUL YANCEY

طريقة للطباعة ثلاثية الأبعاد عالية المرونة

من جوف وعاء مملوء بصمغ الراتنج السائل، تنبثق قطعة ملساء متماسكة، مطبوعة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد، على شكل راقصة باليه في وضع الدوران حول نفسها. ونظرًا إلى الطبيعة المتحوِّلة التي يتمتَّع بها صمغ الراتنج السائل، فقد تخرُج الراقصة التالية صلبةً ومتحجِّرة، أو لدِنةً ومطاطة.

ومن المعلوم أن غالبية تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد تتَّبع نهجًا متدرِّجًا في تشكيل منتجاتها، بحيث تتراكم طبقات رقيقة من المادة الخام، واحدةً فوق الأخرى، ويفتقر المنتج النهائي إلى الإتقان ودقة الصنع.

وثمة طريقة بديلة للطباعة، تعتمد على تشفير الشكل ثلاثي الأبعاد المطلوب في راتنج قد وُضِع داخل قارورة دوّارة، وذلك بتسليط أشعة ضوئية متعدِّدة عليه، حيث يتخذ الشكل المنشود خلال دقائق، لكنْ حتى الآن، لم يثبت نجاح هذه التقنية، إلا في حالة أصماغ الراتنج القابلة للتصلُّب، لتصبح هشة كالزجاج.

وعليه، حدَّد ماكسيم شوستيف، من مختبر لورانس ليفرمور الوطني في مدينة ليفرمور بولاية كاليفورنيا، وزملاؤه ثلاث لبنات جزيئية ملائمة، ثم أقدَموا على دمجها معًا لتخليق الراتنجات. وقد توصَّل فريق البحث، عن طريق التحكم في نسبة هذه الجزيئات في الراتنج، إلى إنتاج أجسام ذات خواص مادية بالغة التنوع.

وقد أمكن مطُّ بعض هذه المنتجات، حتى تجاوز طولها أربعة أمثال طولها الأصلي، قبل أن تنكسر. أما بعضها الآخر، فقد تجاوز في صلابته معظم أنواع اللدائن الهندسية عالية الأداء، التي تدخل في صناعة الطائرات، والسيارات.

Adv. Mat. (2020)

JOSE CALVO/SPL



المعادن السامة تعرف طريقها إلى أعماق المحيطات

قد يُظَنُّ أن خندق ماريانا، الذي يقع على عمقٍ يزيد على 10 كيلومترات تحت سطح المحيط الهادئ، من البُعد بحيث لا يمكن أن يبلغه التلوُّث. ولكنْ سبق أنْ فوجئ المستكشفون بوجود نفايات بلاستيكية في ذلك الخندق، وها هم قد عثروا الآن أيضًا على آثار تلوث بالزئبق.

ومن المعلوم عن جسيمات الزئبق سهولة انتشارها في الهواء الجوي، حتى إنها تصل إلى القطبين الشمالي والجنوبي. وقد قصد جول بلوم، من جامعة ميشيجان في مدينة آن آربر، وزملاؤه إلى قياس كمية الزئبق المتسرب إلى أعماق المحيطات.

وعليه، جمع الباحثون عددًا من أسماك الحلزون (من نوعي *Notoliparis kermadecensis* و*Pseudoliparis swireis*، موضحة في الصورة)، وكائنات بحرية صغيرة، تُعرف بمزدوجات الأرجل، من قاع خندق ماريانا، بالإضافة إلى خندق كرماديك، بالقرب من نيوزيلاندا، على أعماق تتراوح بين 6000 و10250 مترًا. ثم عمدوا إلى قياس كمية الزئبق في أجسام تلك الحيوانات، وتحليل تكوينه الكيميائي. وتَبيَّن أن النتائج مقاربة لتلك النتائج المستخلصة من كائنات تعيش على عمق لا يزيد على 500 متر تحت سطح المحيط.

وقد عزا الباحثون هذه الظاهرة إلى أن التلوث بالزئبق، الناتج عن الأنشطة البشرية، يتسرَّب إلى مياه المحيطات القريبة من السطح، ومن ثم يُخالِط طعام الأسماك. وعند موت تلك الأسماك، تهوي إلى الخنادق العميقة، حاملةً معها جسيمات الزئبق.

Proc. Natl Acad. Sci. USA (2020)

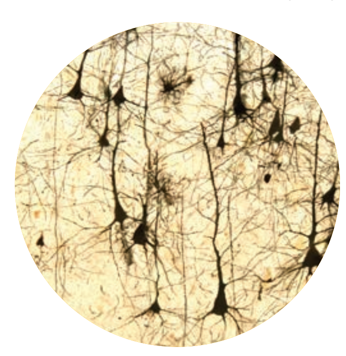
نبضة ضوئية تُمكِّن الفئران من السفر عبر الزمن

لعلَّنا لا نقرأ عن السفر الآنّي سوى في روايات الخيال العلمي. أما الآن، فربما لم يعد اعتماد المرء على عقله في الانتقال ضوئيًّا عبر المكان ضربًا من الخيال. فقد اكتشف العلماء أن تنشيط خلايا بعينها في أدمغة الفئران يؤدي بتلك الحيوانات إلى التصرف كما لو كانت في مكان مغاير. فالخلايا المسؤولة عن إدراك المكان لدى الفئران، وتُعرف بالخلايا المكانية -وهي نوع فرعي من الخلايا الهرمية (موضَّحة بالصورة)، التي تُعَدّ بدورها نوعًا من الخلايا العصبية- تُطلِق إشاراتها عندما تكون الفئران في مكان معين. ومن خلال التعديل الجيني للخلايا المكانية لدى الفئران، تمَكَّن نِك روبنسون، ومايكل هويسر، الباحثان بكلية لندن الجامعية، وزملاؤهما من مراقبة سلوك الخلايا، واستخدام نبضات ضوئية لحثّ الخلايا على إطلاق إشاراتها.

وضع الفريق الفئران على مضمار مصمَّم بتقنية الواقع الافتراضي، حيث تعلمت الحيوانات أن تلعق فُوّهة في "منطقة محددة للمكافأة"، كي تحصل على مياه محلاة بالسكر. سجّل العلماء الخلايا المكانية التي أطلقت إشاراتها عندما كانت الفئران في تلك المنطقة، ثم عمدوا إلى تنشيط الخلايا نفسها عندما كانت الفئران في موقع مختلف، فما كان من الفئران إلا أن أخذت في اللعق، كما لو كانت في منطقة المكافأة.

يقول الباحثون إن من شأن هذه النتائج أن تساعد على تفسير طريقة تخزين الذكريات المكانية، وكذلك وضع استراتيجية جديدة للاستعانة بالضوء في إعادة تنشيط ذكريات معينة.

Cell (2020)



RAQUEL MARIA CARBONELL PAGOLA/LIGHTROCKET/GETTY



سرُّ الشباب ربما يكمن في النوم

رصد العلماء أن كبار السن، ممن يحتفظون بأنماط نوم شبيهة بتلك التي تميز البالغين الأصغر عمرًا، عادةً ما يتمتعون بصحة بدنية وإدراكية أفضل ممن يعانون من اضطرابات النوم.

فقد عكف شون بارسل، من كلية طب هارفارد في مدينة بوسطن بولاية ماساتشوستس، وزملاؤه على تتبع أنماط النوم لدى 3819 شخصًا، تتراوح أعمارهم بين 54 و96 عامًا، عن طريق تسجيل موجاتهم الدماغية بواسطة مستشعرات التخطيط الكهربائي للدماغ، التي التزم المشاركون بارتدائها طوال الليل. قام الباحثون بعدها بتقييم نوم كل شخص، قياسًا إلى ما يزيد على 150 عاملًا متعلقًا بخصائص النوم وأنماط النشاط الدماغي. ومن بين هذه العوامل اضطراب النوم، وطول دورات النوم التي تحدث خلالها الأحلام، وتفضيل الأشخاص للنوم صباحًا، أم مساءً.

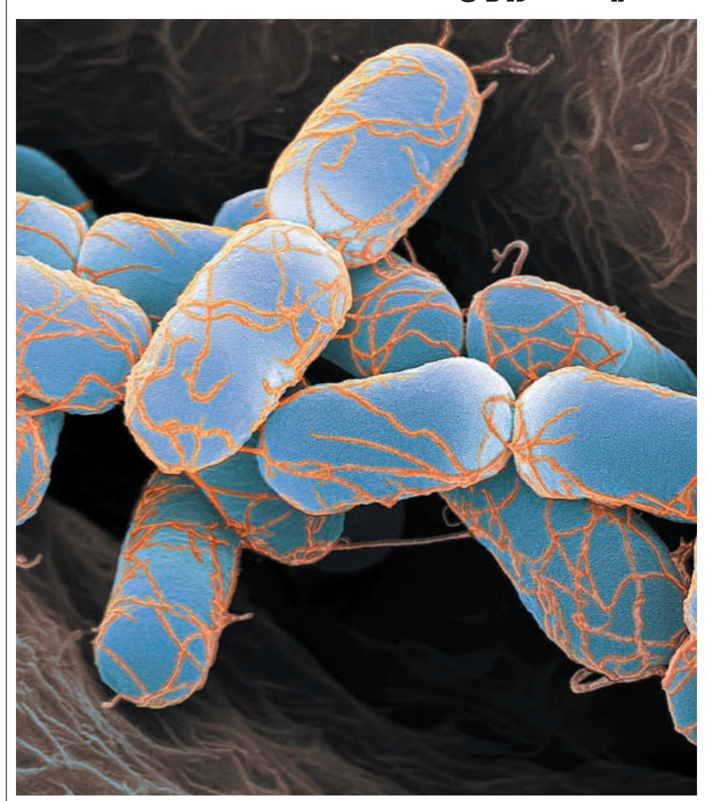
اكتشف الفريق أن كبار السن الذين يتبعون أنماط نوم "الشباب" عادةً ما تميزوا بقوة قدراتهم الإدراكية، وانخفاض نسبة إصابتهم ببعض المشكلات الصحية، مقارنةً بأولئك الذين تعكس أنماط نومهم أعمارهم بصورة أوثق. غير أنه لم يتضح بعدُ ما إذا كان النوم الصحي يحسن الحالة الصحية، أم أن العكس هو الأقرب إلى الصواب. ومع ذلك، يُشير الباحثون إلى أن ثمة أساليب، منها التحفيز الكهربائي للدماغ، من شأنها تحسين أنماط النوم لدى كبار السن، وتحسين حالتهم الصحية.

Nature Hum. Behav. (2020)

للاطلاع على آخر الأبحاث المنشورة
في *Nature* قم بزيارة
www.nature.com/latestresearch

nature.com

بكتيريا مُوفِّرة تتغذى على ثاني أكسيد الكربون



MARTIN OEGGERLI/SPL

عادة ما تستخلص بكتيريا الإشريكية القولونية الكربون من الغذاء لكن يمكن تعديلها لتحصل عليه من الهواء.

من المعلوم أن النباتات، والطحالب، وما إليهما من الكائنات التي تعتمد في غذائها على عملية التمثيل الضوئي، تستمد الكربون اللازم لإتمام هذه العملية من غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي. وفي هذه العملية، يقوم إنزيم "روبيسكو" Rubisco بدور العامل الحفَّاز، غير أنه لا يعمل بكفاءة عند مستويات ثاني أكسيد الكربون في الهواء الجوي. ولذا، فإن كائنات عديدة من تلك التي تعتمد على التمثيل الضوئي تستعين بآليات تركيز ثاني أكسيد الكربون، لرفع مستوياته على مقرُبة من هذا الإنزيم، من أجل تحسين كفاءته.

كان الباحثان ديفيد سافاج، من جامعة كاليفورنيا في مدينة بيركلي، ورون ميلو من معهد وايزمان للعلوم في مدينة رحوفوت في إسرائيل، وزملاؤهما قد عمدوا في وقت سابق إلى إجراء تعديل جيني على بكتيريا الإشريكية القولونية *Escherichia coli* (موضحة في الصورة)، بحيث تستطيع أن تعيش على غاز ثاني أكسيد الكربون، عوضًا عن نظامها الغذائي المُفضَّل، المُؤلَّف من السكريات وغيرها من الجزيئات العضوية. لكنَّ الباحثين لاحظوا أنَّ هذه البكتيريا، التي تعتمد على إنزيم "روبيسكو"، لم تستطع النموَّ إلا عند مستويات مرتفعة ارتفاعًا مُصطنعًا من ثاني أكسيد الكربون.

وبهدف تحسين هذه السلالة، أضاف الباحثون مجموعة جينيَّة مُكونة من 20 جينًا، تتولى تشفير آلية تركيز ثاني أكسيد الكربون في بكتيريا *Halothiobacillus neapolitanus*. وتستطيع سلالة بكتيريا الإشريكية القولونية الناتجة من هذه العملية العيش عند مستويات ثاني أكسيد الكربون الجوي.

ويقول الباحثون إن الإشريكية القولونية تتميز بسهولة إجراء تعديلاتٍ عليها، ومن ثم يمكن الاعتماد عليها كمنصّة اختبار لفهم أنواع أخرى من الجينات المسؤولة عن تركيز ثاني أكسيد الكربون.

eLife **9**, e59882 (2020)

نظرةٌ عن قُرب إلى فلزٍّ متفجّر أثناء تمدُّده

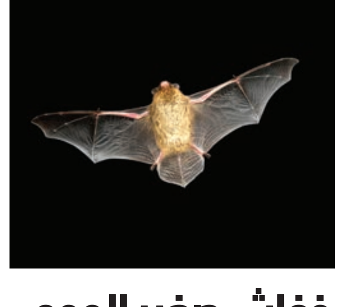
يُعَدّ الليثيوم والصوديوم من الفلزَّات شديدة التفاعل، ما يجعل من الصعب دراستهما في حالتهما العنصرية، غير أنَّ فريقًا من الباحثين قد تمكَّن مؤخرًا من الاستعانة بمجهر نقل إلكتروني نافذ (TEM) في إنتاج أشكال نقية من كل عنصر منهما، وتصوير هذه العملية.

يُذكر أن مجهر النقل الإلكتروني النافذ يلتقط صورًا للمادة المستهدَفة عن طريق تسليط حزمةٍ إلكترونية عليها، ثم التقاط الإلكترونات المرتدَّة منها. وعليه، استعان يي يو، الباحث في جامعة شنجهاي التقنية في الصين، وزملاؤه بهذا المجهر لإطلاق وابل من الإلكترونات على مُركَّبات تحتوي إما على الليثيوم، أو الصوديوم، ما أدى إلى تحلُّلها.

وفي أثناء عملية التحلل، ترسبت بلورات نقيَّة من الليثيوم أو الصوديوم، وتمدَّدت سريعًا، حتى تجاوز طول قطرها 100 نانومتر في غضون ثوانٍ، قبل أن تتباطأ عملية التبلور.

كما رصد الباحثون وجود أصابع بلورية طويلة تمتدُّ خارج بلورات الليثيوم، ورجَّحوا أنَّ مثل هذه البِنَى تأخذ في التكوُّن شيئًا فشيئًا داخل بطاريات أيون الليثيوم، مما يؤدي إلى تقصير عُمرها، أو حتى نشوب الحرائق. ويأمل الباحثون في أن تسهم المجاهر الإلكترونية النافذة في كشف غموض هذه الأصابع البلُّورية.

Nature Commun. **11**, 5367 (2020)



ALAMY

خفاش صغير الحجم يحطم رقمًا قياسيًّا في الهجرات الطويلة

استطاع مخلوق صغير بُنِّيّ أزغب أن يقطع مسافة لا تقل عن 2224 كيلومترًا من لاتفيا إلى إسبانيا، محطمًا بذلك الرقم القياسي لأطول هجرات الخفافيش.

من المعروف أن خفافيش ناتوزيوس (*Pipistrellus nathusii*، موضحة في الصورة)، التي عادةً ما تزن أقل من 10 جرامات، تهاجر من مناطق التزاوج الصيفية في شمال شرق أوروبا، لتمضي الشتاء في المناطق الأكثر دفئًا من القارة، حيث تدخل في سباتها الشتوي أعلى الأشجار والمباني.

عمد خوان توماس ألكالده، من الجمعية الإسبانية لأبحاث الخفافيش والمحافظة عليها الواقعة في مدينة ألكالا دي إيناريس الإسبانية، وزملاؤه إلى وضع حلقة تَعَقُّب على ظهر أحد ذكور خفافيش ناتوزيوس داخل متنزه يقع في جنوب غرب لاتفيا في أغسطس 2015، في إطار مشروع بحثي يتناول الخفافيش. وبعدها بعامين، عُثِر على الخفاش نفسه ميتًا في مدينة نبرة الإسبانية.

يرى الباحثون أن هذه المسافة البالغة 2224 كيلومترًا، التي تُعَد رقمًا قياسيًّا جديدًا، أقل من المسافة الفعلية المقطوعة؛ فهي تمثل أقصر مسافة بين هاتين النقطتين، في حين أن الخفافيش تتبع أثناء هجرتها الخط الساحلي الملتف لبحر البلطيق، كما هو معروف عنها.

ويعتقد الباحثون أن شمال شبه الجزيرة الأيبيرية ربما يمثل مشتى مهمًّا لجماعات خفاش ناتوزيوس المهاجرة.

Mammalia (2020)

موجز الأخبار

دوريات Nature تعلن أولى اتفاقياتها للوصول المفتوح

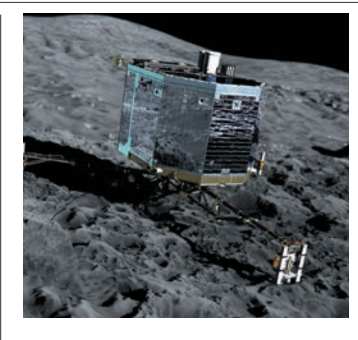
أبرمت دار النشر المسؤولة عن إصدار دورية *Nature* أول اتفاقيةٍ تسمح لبعض الباحثين بالنشر بموجب شروط الوصول المفتوح فيها، وفي 33 دوريةٍ أخرى من الدوريات التابعة لها.

ففي شهر إبريل الماضي، كانت دار النشر "سبرينجر نيتشر" قد أعلنت اعتزامها توفير طرق للنشر مفتوح الوصول في دورياتها الأكثر تخصصًا، التي من المقرر أن تمتثل لمتطلبات الخطة "إس" Plan S، وهي مبادرة تقودها أوروبا لإتاحة الوصول المفتوح للمؤلفات العلمية (دورية *Nature* مستقلة تحريريًّا عن دار النشر القائمة عليها).

وقد أبرمت مكتبة ماكس بلانك الرقمية الألمانية (MPDL) في ميونيخ أولى هذه الاتفاقيات مع الدار، ويبدأ سريان الاتفاقية في عام 2021. وهي معروضةٌ في الوقت الحالي على ما يقرب من 120 مؤسسة ألمانية، وكانت جمعية "ماكس بلانك" أول المُوَقِّعين عليها.

ومن المزمع أن تدفع المؤسسات التي تُوقِّع على هذه الاتفاقية مبلغًا إجماليًّا دفعةً واحدة، يتيح لها النشر مفتوح الوصول دون قيود في الدوريات الأربع والثلاثين سالفة الذكر. كما سيتاح لأعضاء هذه المؤسسات قراءة هذه الدوريات، إلى جانب 21 دوريةً إضافية من دوريات مجموعة "نيتشر ريفيوز" Nature Reviews. ويُحسَب هذا المبلغ على أساس سعر 9,500 يورو (11,200 دولار أمريكي) لقاء كل تقرير بهذه الدوريات، وهو سعر أعلى من رسوم الوصول المفتوح التي تتقاضاها الدوريات المتخصصة الأخرى عن كل تقرير، والتي تقل عن 6 آلاف دولار أمريكي.

وانتقد بعض أنصار سياسة الوصول المفتوح هذه الاتفاقية. وعلى سبيل المثال، يرى كلٌّ من جيرون بوزمان، وبيانكا كرايمر، اللذين يعملان أمينَي مكتبة في جامعة أوتريخت في هولندا، أنَّ كلفة التقرير الواحد "باهظة"، وأنَّ الاتفاقية لا تقدم شيئًا لتحسين الوصول إلى المؤلفات العلمية في منظومة النشر البحثي الأكاديمي.



ESA/ATG MEDIALAB

فوضى هبوط مركبة «فيلاي»

أسفر الهبوط الارتطامي الفوضوي للمركبة الفضائية الروبوتية المسماة "فيلاي" بالصدفة عن معلومات حول ليونة المذَنّبات.

ففي عام 2014، هبطت مركبة الإنزال الرائدة هذه، التابعة لوكالة الفضاء الأوروبية، على سطح المذَنّب 67 بي/ تشوريوموف-جيراسيمنكو، بعد رحلة استمرت 10 أعوام، لكنْ بدلًا من الاستقرار على سطح المذَنّب، ارتدت المركبة مرتين عنه، وانتهى بها المطاف راسيةً على جانبها تحت ظل نتوء صخري، وهو ما أنهى مهمّتها سريعًا.

وبعد بحث دقيق، تمكّن فريق من وكالة الفضاء الأوروبية مؤخرًا من اكتشاف موقع الهبوط الثاني لمركبة "فيلاي"، الذي لم يكن معروفًا في السابق. كما اكتشف بصمة خلّفتها المركبة في جليد المذَنّب الذي يبلغ عمره مليارات السنوات.

سمحت هذه البصمة للباحثين بقياس قوة الجليد تحت سطح المذَنّب، واكتشفوا أنه يتمتع بليونة فريدة. "إنه أكثر هشاشة من أخف الثلوج، ومن الرغوة على مشروب الكابوتشينو، أو حتى الفقاعات في مغطس استحمام"، حسبما أوضح لورانس أوروركي، عالِم وكالة الفضاء الأوروبية في المركز الأوروبي لعلم الفلك الفضائي في مدريد، الذي قاد جهود البحث، لتحديد موقع المركبة، التي عثر عليها في عام 2016.

وحول ذلك، تقول جيسيكا صنشاين، التي تدرس المذَنّبات في جامعة ميريلاند في مدينة كوليدج بارك الأمريكية: "إنّ هذه لَجهودٌ استقصائية رائعة"، مشيرة إلى أن جليد المذَنّبات يمكن استخراجه ودراسته في المستقبل. وقد نشرت نتائج الدراسة في الثامن والعشرين من أكتوبر الماضي (L. O'Rourke *et al*. *Nature* **586**, 697–701; 2020).

مراقبة الاتجاهات

ازدهار البحث العلمي في محطة الفضاء الدولية

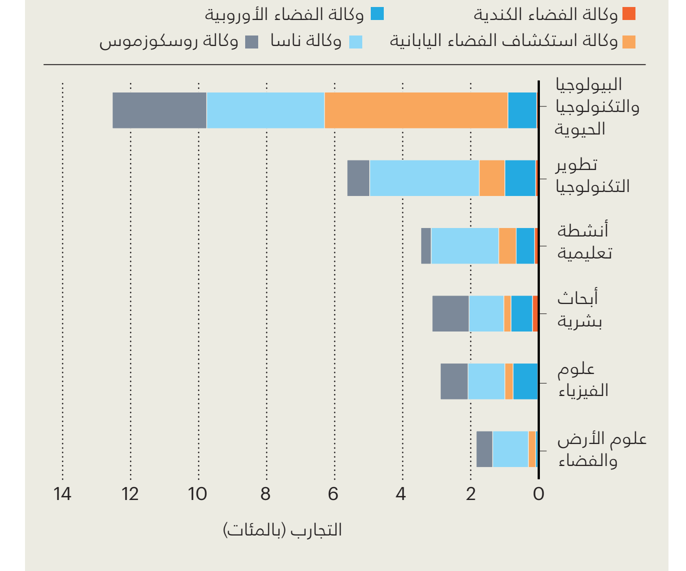
قبل عشرين عامًا تقريبًا، وتحديدًا في الثاني من نوفمبر من عام 2000، حلّق رائد فضاء أمريكي واثنان من رواد الفضاء الروس في محطة الفضاء الدولية (ISS) المنشأة حديثًا. وكان ذلك بداية لعقدين أصبحت فيهما المحطة آهلة برواد الفضاء بصورة دائمة.

وقد أجرى رواد الفضاء منذ ذلك الوقت حوالي 3 آلاف تجربة علمية على متن المحطة. وتنوعت مجالات أبحاثهم، بدءًا من الفيزياء الأساسية، مرورًا بأبحاث رصد الأرض، وصولًا إلى دراسات الطب الحيوي. وبعد أن وُجِّهت انتقادات للبحث العلمي الذي يُجرى على متن المحطة، بدعوى أنه محدود الأهمية نسبيًّا، ولا علاقة له بالبشر على كوكب الأرض، شهد العلْم على متن المحطة ازدهارًا مع تخصيص رواد الفضاء فيها وقتًا أطول للأبحاث.

وتتضمن النتائج التي خلص إليها الباحثون في المحطة معلومات حول كيفية تكيُّف البشر والحيوانات مع الرحلات الفضائية طويلة الأمد، فضلًا عن سلوك المواد في الفضاء. والآن، تعجّ محطة الفضاء الدولية بالمعدات البحثية الحديثة، منها مجهر بؤري على أعلى مستوى، جرى تركيبه في عام 2017. وتهدف معظم تلك التجارب إلى دراسة السلوك المختلف للأشياء تحت ظروف الجاذبية متناهية الصغر، مثل آلية احتراق الشعلات، أو كيفية تطوُّر خلايا الفئران، لبحث إمكانية تطبيق الدروس المستفادة من التجارب في تطوير التقنيات أو الأدوية على الأرض. وحول ذلك،تقول كيت روبينز، رائدة الفضاء في وكالة ناسا وعالمة البيولوجيا الموجودة حاليًّا على متن محطة الفضاء الدولية: "يشبه ذلك نقل جامعة عالمية بالكامل، وتقليصها لتصبح في حجم محطة فضاء".

الأبحاث في مدار الأرض

أجرى رواد الفضاء حوالي 3 آلاف تجربة علمية على متن محطة الفضاء الدولية.



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



للاطلاع على آخر الأخبار من
Nature قم بزيارة
www.nature.com/news

تفعيل نموذج "ما قبل النشر أولًا"

كشفت دورية "إي لايف" *eLife* مفتوحة الوصول عن خطط لتقديم نموذج نشر جديد. فبدءًا من شهر يوليو المقبل، سوف تنتهج الدورية سياسة "النشر ثم المراجعة"، وتتيح جميع تقارير مراجعات الأقران للجمهور.

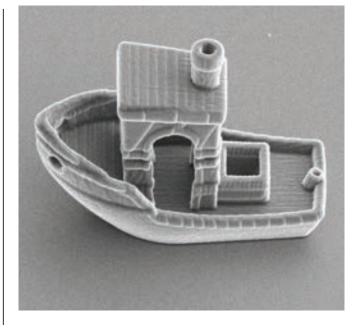
بموجب هذه السياسة، التي أعلنت عنها دورية "إي لايف" في الأول من شهر ديسمبر الماضي (M. B. Eisen *et al*. *eLife* **9**, e64910, 2020)، سوف تقتصر عمليات المراجعة والنشر على الأوراق البحثية التي نُشِرَت بالفعل على أحد خوادم ما قبل النشر، مثل "بيو أركايف" bioRxiv، أو "ميد أركايف" medRxiv، أو "أركايف" arXiv. أما الأوراق البحثية المقدمة التي لم يسبق لها النشر على أحد خوادم ما قبل النشر، فسوف تُنشَر على خادم "بيو أركايف" أو خادم "ميد أركايف".

وأحد الأسباب الرئيسية وراء هذا التغيير في السياسات، تحليل داخلي أجرته الدورية كشف أن نحو 70% من الأوراق البحثية التي راجعتها خلال أشهر مايو ويونيو ويوليو 2020، كان قد سبق نشرها بالفعل كنسخ ما قبل النشر.

لن تُفعَّل السياسة الجديدة في الحال. فعلى مدار الأشهر الستة المقبلة، سيكون بمقدور المؤلفين الذين سلَّموا مسوداتهم البحثية التراجع عن نشرها كنسخ ما قبل النشر، ولكن سيُطلَب منهم إيضاح السبب.

كذلك تنوي الدورية بدء نشر جميع تقارير مراجعة الأقران الخاصة بها على خوادم ما قبل النشر، سواء أُقبِلَت الورقة البحثية للنشر أم لا، وسوف يُسمَح للمؤلفين، الذين رُفِضَت أوراقهم البحثية، بتأجيل نشر المراجعات الخاصة بها إلى أن يُقبَل نشرها في مكان آخر. جدير بالذكر أن الدورية تُطوّر منصة تُدعَى "سايتي" Sciety، لمشاركة مراجعات الأقران العامة.

R.P. DOHERTY *ET AL*./*SOFT MATTER*



إنتاج قارب مجهري بالطباعة ثلاثية الأبعاد

يبلغ طول هذا الجسيم الذي يشبه القارب 30 ميكرومترًا فقط. ومع ذلك، فهو مجهز بالكامل بمقصورة، ومدخنة، وسارية عَلَم، ويستطيع دفع نفسه عبر محلول ذي تركيزٍ مقداره 10% من بيروكسيد الهيدروجين. وقد أُنتج القارب بالطباعة ثلاثية الأبعاد بتقنية تُدعى البلمرة ثنائية الفوتون، ثم دُهِنَ بعد ذلك بمزيج من البلاتين والبلاديوم، يحفز تحلل بيروكسيد الهيدروجين. وينتج هذا التفاعل فقاعات غازية تدفع الجسيم إلى الأمام. وقد أنتج فريق دانيلا كرافت بجامعة لايدن في هولندا الكثير من الأشكال العائمة باستخدام الوسيلة ذاتها، منها كرات، ولوالب، ومثلثات، وحتى سفينة فضائية مصغرة (R. P. Doherty *et al*. *Soft Matter* https://doi.org/fjrf; 2020). ويأمل الفريق في أن يساعدهم هذا العمل البحثي على دراسة تأثير الأشكال في الكائنات المجهرية التي تسبح، مثل البكتيريا.

انهيار تلسكوب "أريسيبو" في مشهد مروع

تَداعَى تلسكوب مرصد "أريسيبو" الراديوي الشهير في إقليم بورتو ريكو في الولايات المتحدة، مخلفًا شعورًا عميقًا بالأسى لخسارته في أوساط علماء الفلك والمجتمع العلمي في الإقليم.

كان مصممو التلسكوب قد حذّروا من أن المنصة البالغ وزنها 900 طن، المعَلّقة فوق صحنه البالغ عرضه 305 أمتار، قد تنهار في أي لحظة، لا سيما مع انقطاع أحد الكابلات الرئيسة التي تدعمه في مطلع شهر نوفمبر الماضي. وعليه، في الشهر نفسه، أعلنت المؤسسة الأمريكية الوطنية للعلوم، التي تمتلك المرصد، أنها ستوقف نهائيًّا تشغيل التلسكوب، وعَزَتْ ذلك إلى اعتبارات متعلقة بالسلامة، بالنظر إلى عدم استقرار التلسكوب، وتعرضه لتَلَفٍ مكلف إلى حد يَحُول دون إصلاحه.

وقد هَوَت المنصة على صحن التلسكوب بعد انقطاع بعض الكابلات به في شهر ديسمبر الماضي قبل الساعة الثامنة صباحًا مباشرة بالتوقيت المحلي. ولم يسفر الحادث عن وقوع إصابات.

وجدير بالذكر أن مرصد "أريسيبو"، الذي امتلك فيما مضى أكبر التلسكوبات الراديوية المؤلَّفة من صحن واحد على مستوى العالم، قد شهد الكثير من الاكتشافات الفلكية المهمة عبر السنين، بما في ذلك النجوم الدوّارة المعروفة بالنجوم النابضة، وهو اكتشاف حاز جائزة نوبل في الفيزياء لعام 1993.

وتعليقًا على هذا الحادث، قال توماس زوربوخن، مساعد مدير الشؤون العلمية بوكالة ناسا في أثناء انعقاد اجتماع لاستشاريِّي الوكالة: "إن الألم يعتصر قلوبنا لهذه الخسارة".



RICARDO ARDUENGO/AFP VIA GETTY



EU COUNCIL/ANADOLU AGENCY/GETTY

"هورايزون يوروب" يحصل على تمويل في اللحظة الأخيرة

في الجولة الأخيرة من مباحثات مكثفة انعقدت حول ميزانية الاتحاد الأوروبي، وافق صناع السياسات في الاتحاد على منح تمويل بقيمة 85 مليار يورو (100 مليار دولار أمريكي) للبرنامج البحثي الرئيس التابع للاتحاد الأوروبي "هورايزون يوروب"، المزمع أن يمتد لسبعة أعوام، وهو مبلغ أكبر بمقدار 4 مليارات يورو عما كان مقترحًا من قبل.

وتأتي هذه الزيادة التي أفضت إليها المباحثات في اللحظة الأخيرة منها كجزء من اتفاق على الميزانية الإجمالية للاتحاد، عن الفترة بين عامي 2021 و2027، بين الدول السبع وعشرين الأعضاء فيه، والبرلمان الأوروبي. وقد قفزت قيمة هذه الميزانية إلى رقم قياسي بلغ 1.8 تريليون يورو، منه 750 مليار يورو رُصدت للتعافي من آثار جائحة "كوفيد-19". كما اتفقت حكومات الدول الأعضاء بالاتحاد والبرلمان الأوروبي في نوفمبر الماضي على زيادة كل من ميزانيّتَي الصحة والتعليم؛ بحيث يحصل برنامج "هورايزون يوروب"، وبرنامج تبادل الطلاب "إيراسموس+"، وحزمة تدابير التصدي لـ"كوفيد -19" ضمن برنامج "إي يو فور هيلث" EU4 Health مجتمعين على 15 مليار يورو إضافية.

وجدير بالذكر أن المفوضية الأوروبية -بقيادة أورسولا فون دير لاين (في الصورة)- كانت قد اقترحت سابقًا ميزانية بقيمة 94.4 مليار يورو لبرنامج "هورايزون يوروب"، بيد أنه في شهر يوليو الماضي، قَلَّصت المفاوضات هذا الرقم إلى 81 مليار يورو. وقد صرحت المنظمات البحثية، التي ضغطت من أجل تمويل أكثر سخاءً، بأن الاتفاق النهائي مخيب للآمال.

أخبار في دائرة الضوء


ANDREW HARNIK/GETTY

توجّه جو بايدن بكلمةٍ إلى الشعب الأمريكي في يوم السابع من نوفمبر، بعد أن أعلنت منصات إعلامية كبرى فوزه بالانتخابات الرئاسية.

ارتياحٌ بين العلماء لفوز جو بايدن بالانتخابات الرئاسية الأمريكية

الرئيس المنتخَب لديه فرصةٌ لوقف السياسات المُعادية للعِلْم، التي استمرت على مدار أربع سنوات، لكنّ أمامه طريق شاقٌ مع تَسَلُّمه قيادة شعبٍ منقسمٍ على نفسه.

جيف توليفسون

مِن المزمع أن يتقلَّد جو بايدن منصب رئيس الولايات المتحدة قريبًا. وعلى أثر ذلك، عمَّ شعور بالارتياح بين العلماء في جميع أنحاء العالم، لكنْ تظل هناك مخاوف؛ حيث إنّ نصف الناخبين تقريبًا منحوا أصواتهم الرئيس دونالد ترامب، الذي تسبّبت قراراته مرارًا وتكرارًا في تقويض العلم. وسيواجه بايدن مهمّة صعبة مع تولّيه زمام الحكم في بلد يعاني حالةً من الاستقطاب السياسي.

وحول ذلك، تقول ألتا تشارو، وهي اختصاصية في أخلاقيات علم الأحياء، من كلية الحقوق بجامعة ويسكونسن في مدينة ماديسون الأمريكية: "انتهى الكابوس الذي جثم طويلًا على أنفاس هذه الأمة. لا يمكنني أن أجد وصفًا أفضل للوضع"، مستشهدةً بمقولة الرئيس جيرالد فورد الشهيرة في عام 1974 في حديثه عن عهد سَلَفه ريتشارد نيكسون، بما زخر به من فضائح.

ورغم أن ترامب وحملته قد قَدَّما طعونًا قضائية ضد نتيجة الانتخابات في عددٍ من الولايات، فقد أعلنت منصات إعلامية أمريكية كبرى فوز بايدن بالرئاسة في السابع من نوفمبر الماضي، بعد تأكيد حصوله على نسبة كافية من أصوات المجمّع الانتخابي. وفور تسلُّم بايدن مهام منصبه في العشرين من يناير 2021، سيسمح له وَقْف العمل بالعديد من السياسات التي أطلقتها إدارة ترامب، وأضرّت بالعِلم والصحّة العامة. ومن بين هذه السياسات ما يتعلق بتغيُّر المناخ، وملف الهجرة، وجائحة "كوفيد-19" التي من المتوقع أن يبلغ عدد ضحاياها أكثر من ربع مليون شخص في الولايات المتحدة قبل تَرْك ترامب رسميًّا منصبه في يناير المقبل.

كما يحدو الأمل الباحثين في إصلاح الكثير من الأضرار الأخرى التي نجمت عن ولاية ترامب؛ حيث يقول بيرفيز

هودبوي، وهو عالِم فيزياء واختصاصي في مجال الحد من انتشار الأسلحة النووية في إسلام آباد، إنه بعد خروج ترامب من المشهد، "بدلًا من التناحُر، ربما نتمكّن من تحقيق ولو قدر ضئيل من التعاون الدولي، ومزيد من الالتزام بالقوانين والمعاهدات، ومن الكياسة في السياسة العالمية، والحد من "الأخبار الزائفة"، ونشر الابتسامة، وتخفيف مشاعر الغضب".

كان بايدن، وهو ديمقراطيٌّ، وشغل منصب نائب الرئيس في عهد الرئيس السابق باراك أوباما، قد وعد بتكثيف برامج فحوص الكشف عن المصابين بـ"كوفيد-19"، وتتبع مخالطيهم؛ للسيطرة على انتشار فيروس كورونا الجديد. كما تعهّد بتجديد انضمام الولايات المتحدة إلى اتفاقية باريس للمناخ، المبرمة في عام 2015 للتصدّي للاحتباس الحراري، وبرفع القيود المفروضة على منح التأشيرات، التي أضعفت رغبة الباحثين الأجانب في الوفود إلى الولايات المتحدة.

وستكون نائبة الرئيس المنتخَبة كامالا هاريس -وهي محامية، وعضو بمجلس الشيوخ عن ولاية كاليفورنيا- أول امرأة تشغل واحدًا من أعلى منصبين في الدولة، وهي أيضًا أول سوداء وأول أمريكية من أصول آسيوية تُنتخب نائبًا للرئيس في بلد مزقته الصراعات العرقية.

وحول ذلك، يقول جيمس ويلسدون، وهو عالِم اجتماع من جامعة شيفيلد بالمملكة المتحدة: "صمود العِلم في الولايات المتحدة على مدار السنوات الأربع الماضية يدلّ على قوته ومرونته. ويمكننا الآن أن نتطلّع إلى فترة من الاستقرار، ما أحوج العِلم إليها!".

أولويات مهمّة

من بين المهام المُلِحّة التي تقع على رأس أولويات بايدن التصدي للجائحة بإجراءات أكثر حزمًا. وتجدر الإشارة إلى أنه عقب الإعلان عن نتيجة الانتخابات الرئاسية، أعلن بايدن وهاريس عن تشكيل مجلس استشاري لمواجهة جائحة "كوفيد-19"، يضمّ خبراء من مجال الصحة العامة؛ لمساعدتهما على وقف انتشار الجائحة. ففي السادس من نوفمبر الجاري، أعلنت الولايات المتحدة عن إصابة أكثر من 130 ألف شخص بعدوى فيروس كورونا الجديد في يوم واحد، وهو رقم قياسي جديد على مستوى العالم.

وقد عَمَد ترامب إلى الاستخفاف بخطورة جائحة "كوفيد-19"، في الوقت الذي عارض فيه أيضًا الجهود الرامية إلى التصدي لفيروس كورونا، باعتبارها مكلّفة للغاية. وفي المقابل، تعهّد فريق بايدن بالعمل مع المسؤولين على المستويين الوطني والمحلي لتنفيذ قرارات ارتداء الكمامات على مستوى الدولة، وأيضًا تعزيز مَرافق الصحة العامة.

وعَـدَ فريق بايدن كذلك بالاستناد إلى العِلْم في اتخاذ القرارات. فعلى مدار الجائحة، همّشت إدارة ترامب مرارًا وتكرارًا دور العلماء الحكوميين في هيئات الصحة العامة، مثل "مركز مكافحة الأمراض والوقاية منها". من هنا، تقول تشارو إنه مع تولّي بايدن منصب الرئيس، "باتت الفرصة سانحة أمام العديد من الهيئات الحكومية لأداء عملها كما ينبغي".

ومن المزمع أن تفتح إدارة بايدن أيضًا الباب أمام عقد شراكات دولية من جديد في إطار جهودها للتصدي لفيروس كورونا. وكان ترامب قد أعلن عن انسحاب الولايات المتحدة من عضوية منظمة الصحة العالمية في وقت سابق من هذا العام، موجِّهًا انتقادات للمنظمة الدولية بدعم الصين التي ظهرت فيها أولى حالات الإصابة بمرض "كوفيد-19". وعن ذلك، تقول مارجا جوال سولر، وهي مستشارة معنية بالدبلوماسية العلمية والسياسات العلمية لدى الاتحاد الأوروبي: "يدرك جو بايدن وكامالا هاريس أنه لا يمكن لأي دولة أن تواجه التحديات الحالية بمعزلٍ عن الدول الأخرى.



MARK MAKELA/GETTY

كامالا هاريس أول امرأة تتولى منصب نائب الرئيس على مدار تاريخ الولايات المتحدة.

ونأمل أن يجدّدا تلك الشراكات، ويساعدا على إعادة إصلاح المؤسسات العلمية الدولية الكبرى".

ومن بين الأولويات الرئيسة الأخرى التي سينهض بها بايدن، وقف العمل بالعديد من سياسات ترامب التي تؤثر سلبًا على المناخ، والبيئة، والصحة والعامة.

وتأتي السياسات المتعلقة باتفاقية باريس للمناخ على رأس هذه القائمة. فقد انسحبت الولايات المتحدة رسميًّا

> "باتت الفرصة سانحة أمام العديد من الهيئات الحكومية لأداء عملها كما ينبغي".

من الاتفاقية في الرابع من نوفمبر الماضي، لكن بايدن صرّح بأنه سيعيد انضمام البلد إلى الاتفاقية بعد تولّيه منصبه في يناير 2021. وقد أعلن هو وهاريس عن خطة، بقيمة تريليونا دولار أمريكي؛ لدعم الطاقة النظيفة، وتحديث البنية التحتية، والحدّ من الانبعاثات المسببة للاحتباس الحراري.

ويمثّل انتخاب بايدن أهميةً بالغةً للعلماء في "وكالة حماية البيئة الأمريكية" EPA، التي عانت من أثر مساعي ترامب لإلغاء لوائحها التنظيمية، ودعم نفوذ القطاع الصناعي، وتقويض دور العِلْم في وضع السياسات.

ويقول دانييل كوستا، وهو عالِم سموم، ترأس البرنامج البحثي المعنِيّ بالهواء والمناخ والطاقة لدى الوكالة حتى يناير من عام 2018، وأحد العلماء المخضرمين الكُثر في وكالة حماية البيئة ممن اختاروا في نهاية المطاف ترك عملهم خلال فترة ولاية ترامب: "سعت إدارة ترامب إلى تحريف أسس الوكالة"، مشيرًا إلى أن الوكالة ستحتاج إلى وقت للتعافي، لكن ها هي غيمةٌ قد انقشعت. ويضيف: "إنني موقن بأنّ العاملين في وكالة حماية البيئة يتنفسون الصعداء الآن".

منافسة انتخابية محتدمة

صرح بايدن في بيان له بأن نسبة المشاركة غير المسبوقة في تلك الانتخابات تؤكّد أن "الديمقراطية راسخة الأساس في الولايات المتحدة". وأضاف قائلًا: "آن الأوان لنبذ خطاب الغضب والعنف، وأن نحيا معًا بروح الأمّة الواحدة. آن الوقت لأنْ تتوحّد أمريكا، وتُشفَى من جروحها". لم يعترف ترامب بنتيجة الانتخابات حتى وقت طباعة هذا المقال، وقال إن "النتيجة لم تُحسم بأي حال من الأحوال".

ويقول علي نوري، وهو اختصاصي في علم الأحياء الجزيئي، ورئيس اتحاد العلماء الأمريكيين في العاصمة الأمريكية واشنطن: "ما زلت أشعر بالقلق؛ فليس واضحًا بعد ما الذي يمكن أن يفعله ترامب للطعن في نتيجة الانتخابات. للأسف، أعتقد أنه قوّض بعض المبادئ الديمقراطية الراسخة، التي طالما تشبثنا بها في هذا البلد".

لم تحقِّق نتيجة التصويت، التي جاءت متقاربة أكثر من المتوقع، ما تمنّاه الكثير من العلماء من تقريع لترامب، فضلًا عن أنها لم تسفر عن اكتساح الديمقراطيينَ لمقاعد الكونجرس على النحو الذي قد يسهّل لبايدن المضيّ قدُمًا في أجندته العلمية، إذ خسر الديمقراطيون مقاعد في مجلس النواب، لكنْ من المتوقع أن يواصلوا الاستحواذ على أغلبية مقاعده. وقد لا ينتزعون السيطرة على مجلس الشيوخ، الذي يهيمن عليه حاليًّا الجمهوريون، والذي لن تُحسَم قائمة أعضائه النهائية قبل عقد جولتَي إعادة لانتخاباته في ولاية جورجيا في يناير 2021.

ورغم أن انتخاب بايدن ينبئ بقرب انتهاء عهدٍ رئاسي تجاهَل كثيرًا الحقائق، والعِلْم، والأدلة، يخشى علماء كثيرون مِنْ أنْ تُلاحِق آثار سياسات ترامب الولايات المتحدة، حتى بعد تركه المنصب بوقت طويل.

ويقول زيا ميان، وهو عالِم فيزياء، ومدير مشارك للبرنامج المعنِيّ بالعلوم والأمن العالمي في جامعة برينستون بولاية نيوجيرسي: "لهزيمة ترامب السياسية دلالة بالغة الأهمية، لكنها لا تبطل أثر هذا الاعتداء الهائل على المدنيّة الديمقراطيّة في الولايات المتحدة". فقد قوّض ترامب القيم الراسخة للحقيقة والمساواة. وعلى حد قول ميان: من دون تلك القِيَم، "لا سبيل إلى حوار ديمقراطي".

شارك في إعداد التقرير دافيديه كاستلفيكي، وهايدي ليدفورد، ونيدهي سوبارامان، وأليسكاندرا ويتزي.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

سباق لإنتاج أجسام مضادة أكثر فعالية في مواجهة «كوفيد-19»

قد يمنع حقْن الأجسام المضادة للفيروس المسبب لـ"كوفيد-19" في المصابين بهذا المرض تحوُّل الإصابة المُعتَدِلة به إلى إصابة وخيمة، بيد أن هذه العلاجات باهظة التكلفة.

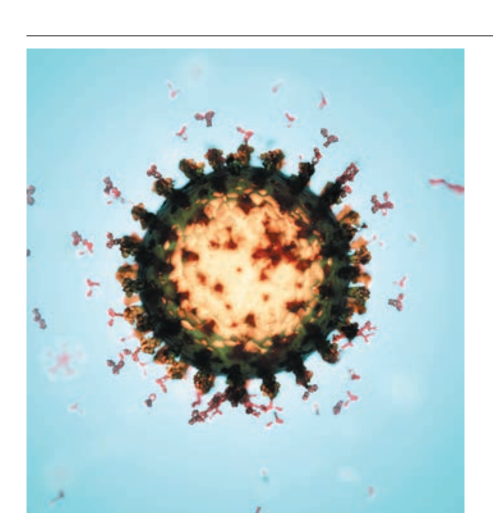
هايدي ليدفورد

عندما أُصيب الرئيس الأمريكي دونالد ترامب بمرض "كوفيد-19"، قام أطباؤه بإعطائه الكثير من الأدوية، بعضها مُثبت الفعالية، وبعضها الآخر تجريبي، إلا أن الرئيس وصف أحدها بأنه "علاج"، وهو عقار تَمَثَّل في مزيج من الأجسام المضادة لفيروس كورونا الجديد، تنتجه شركة "ريجينيرون" Regeneron للأدوية في تاريتاون بمدينة نيويورك الأمريكية، لكن ما تزال هناك حاجة إلى إثبات فعالية هذا العلاج القائم على الأجسام المضادة. فبالرغم من أنه أظهر نتائج واعدة في بعض الدراسات المبكرة محدودة النطاق على بعض الأشخاص الذين عانوا أعراضًا طفيفة من مرض "كوفيد-19"، لم تكتمل بعد التجارب الإكلينيكية الكبيرة لاختباره. وفي الوقت نفسه، تجدر الإشارة إلى أن الباحثين شرعوا بالفعل في تصميم علاجات أكثر تطورًا، قائمة على الأجسام المضادة، ويمكن أن تكون أرخص وأسهل في الإنتاج، وأكثر فعالية.

وفي ذلك الصدد، تقول عالمة الكيمياء الحيوية باميلا بيوركمان، من معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا في باسادينا: "إن ما ننشده حقًّا هو عقار يتمتع بفعالية مذهلة، لدرجة لا تستلزم معها تقريبًا أي علاج آخر؛ بحيث يمكن إعطاء هذ العقار لكل مَن تعرّض للعدوى، سواء في المنازل، أم المستشفيات، أم المدارس، أم مصانع تعبئة اللحوم".

> **"إن ما ننشده هو عقار يتمتع بفعالية مذهلة، لدرجة لا تستلزم معها تقريبًا أي علاج آخر".**

تُعَد الأجسام المضادة مكونًا رئيسًا لاستجابة الجسم المناعية الطبيعية لفيروس كورونا المسبب للمتلازمة التنفسية الحادة الوخيمة من النوع الثاني، المعروف اختصارًا باسم "سارس-كوف-2" SARS-CoV-2، وقد بدأ الباحثون يتسابقون لتطوير علاجات تُسخِّر قدرة هذه الأجسام المضادة على الارتباط مباشرة بالبروتينات الفيروسية، ومنع الفيروس من الانتساخ. وأحد أساليب القيام بذلك هو أخذ عينات من مصل دم الأشخاص المتعافين من مرض "كوفيد-19"، واستخدامها لنقل الأجسام المضادة التي أنتجوها إلى أشخاص آخرين. ويتمثل أسلوب آخر في تصنيع كميات كبيرة من أجسام مضادة بعينها موجهة إلى الفيروس، وقادرة على تعزيز الاستجابة المناعية للجسم.



الأجسام البشرية المضادة تهاجم فيروس كورونا الجديد (صورة من انطباع الفنان).

SCIENCE LAB/ALAMY

ثبتت فعالية هذا الأسلوب في مواجهة أمراض أخرى. ففي الرابع عشر من أكتوبر الماضي، اعتمدت إدارة الغذاء والدواء (FDA) مزيجًا من ثلاثة أجسام مضادة، أنتجته أيضًا شركة "ريجينيرون" للأدوية، كعلاج مضاد لفيروس الإيبولا، بعد أن ثبت أنه يقلل الوفيات الناجمة عن هذا الفيروس في جمهورية الكونغو الديمقراطية.

نجاح التجارب المبكرة

تقود شركتا "ريجينيرون"، و"إيلي لِيلي" Eli Lilly في إنديانابوليس بولاية إنديانا الأمريكية السباق الآن لتطوير علاجات قائمة على الأجسام المضادة لمرض "كوفيد-19"، إذ تقوم كل منهما حاليًّا باختبار الأجسام المضادة المُسَجَّلة ملكيتها باسمه. وقد تقدّمَتا للحصول على تصريح من إدارة الغذاء والدواء الأمريكية بالاستخدام الطارئ لعلاج كل منهما على خلفية نتائج العلاجَين الواعدة في الدراسات المبكرة، إذ أدّى أول عقار قائم على الأجسام المضادة تنتجه شركة "إيلي لِيلي" إلى خفض زيارات المصابين بالمرض إلى المستشفيات من 6% في مجموعة الدواء المموِّه إلى 1.7% بين أولئك الذين تلقوا العقار. أما عقار شركة "ريجينيرون"، المركّب من جسمين مضادّين، فقد أدى إلى تقليل الأعراض والأحمال الفيروسية في المرضى.

ويأمل الباحثون بصورة رئيسة أن تمنع علاجات الأجسام المضادة تحوُّل إصابات "كوفيد-19" الطفيفة إلى إصابات شديدة، بيد أن ثمة تفاؤلًا أقل بقدرة هذه العلاجات على تغيير المشهد جذريًّا فيما يخص حالات "كوفيد-19" الشديدة، حيث لا يكون الضرر ناتجًا فقط عن الفيروس، ولكنْ أيضًا عن استجابة الجسم المناعية له. وحول ذلك، يقول مايرون كوهين، طبيب الأمراض المعدية من جامعة نورث كارولينا في مدينة تشابل هيل الأمريكية: "لا أستطيع أن أتخيل مدى حماسي إذا توفرت هذه الأدوية، وثبت أن بالإمكان الاعتماد عليها".

تختبر التجارب الإكلينيكية حاليًّا ما لا يقل عن عشرة أجسام مضادة لـ"كوفيد-19"، وثمة عدد أكبر بكثير قيد التطوير من هذه الأجسام المضادة. فبالنظر إلى الكفاءة التي تتمتع بها هذه الأجسام المضادة الواعدة في الارتباط ببروتينات فيروس"سارس-كوف-2"، من المرجح أن يقدم العديد منها بعض الفوائد للمصابين بـ"كوفيد-19"، على حد قول الكيميائي جيتشيانج آن، من مركز علوم الصحة بجامعة تكساس في هيوستن، الذي أضاف قائلًا: "قد تتفاوت درجة هذه الاستفادة".

ومع ذلك، تنطوي هذه العلاجات على بعض العيوب، منها أن الأجسام المضادة باهظة التكلفة، ويصعب تصنيعها، كما تُعطى بجرعات عالية نسبيًّا. وقد سلط العديد من الباحثين الذين تحدثوا إلى دورية *Nature* الضوء على جرعة الأجسام المضادة التي تلقّاها الرئيس ترامب، والتي بلغت 8 جرامات، وهي أعلى جرعة جرى اختبارها في التجارب الإكلينيكية. ويعلق على هذا عالِم الفيروسات جيرالد مكلنيرني -من معهد كارولينسكا في ستوكهولم- بقوله: "إنها جرعة هائلة، حتى لو ثبتت فعاليتها، لأن جرعة قوامها 8 جرامات ستكون باهظة الثمن إلى حد لا يُصدَّق". وتضيف بيوركمان قائلة إنه حتى الجرعات الأقل التي يجري اختبارها –وأقلها لدى شركة "ريجينيرون" تزن 2.4 جرام– سيكون ثمنها مرتفعًا جدًّا، إنْ استُخدمت على نطاق واسع كعلاج وقائي".

الأجسام المضادة من حيوان الألبكة

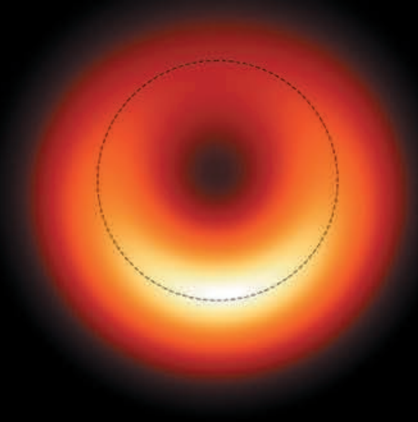
يعمل جيرالد مكلنيرني وآخرون على تطوير جزيئات صغيرة تشبه الأجسام المضادة، تسمَّى الأجسام النانوية، بالاعتماد على نوع من الأجسام المضادة التي ينتجها بشكل طبيعي بعض فصائل الجِمال، مثل حيوانات اللاما، والألبكة. ومقارنة بالأجسام المضادة، يُعَد صنع الأجسام النانوية أسهل؛ إذ يمكن في الأغلب إنتاجها في خلايا بكتيرية أرخص بكثير في استزراعها والحفاظ عليها من الخلايا الثديية اللازمة لإنتاج الأجسام المضادة المعتادة. وفي العام الماضي، اعتمدت إدارة الغذاء والدواء أول جسم نانوي علاجي يُسمى "كابلاسيزوماب" caplacizumab لعلاج مرض تخثر نادر.

وهذه التقنية لا تزال جديدة نسبيًّا. ومن ثم، فإن علاجات "كوفيد-19" القائمة على الأجسام النانوية تتخلف عن العلاجات الإكلينيكية التقليدية القائمة على الأجسام المضادة في الخضوع للتجارب. وعلى سبيل المثال، قام فريق جيرالد مكلنيرني بعزل جسم نانوي مُقاوِم لبروتين أَساسِيّ لفيروس "سارس-كوف-2"، يسمى البروتين الشوكي، من حيوان ألبكة يُسمى تايسون. وعدَّل الفريق الجسم النانوي، بحيث يتحسن نشاطه واستقراره، وتزداد احتمالات فعاليته في البشر، إلا أنه لم يُختبَر بعد على الحيوانات.

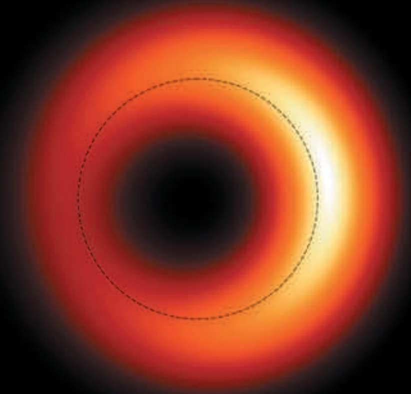
وعن هذا، يقول عالِم الفيزياء الحيوية رايموند أوينز، من جامعة أكسفورد بالمملكة المتحدة: "تفصلنا مسافة كبيرة عن استخدام هذه الأجسام النانوية في التجارب الإكلينيكية، غير أنه يستدرك قائلًا: "لكنني متفائل تفاؤلًا يشوبه الحذر".

حلقة مضطربة

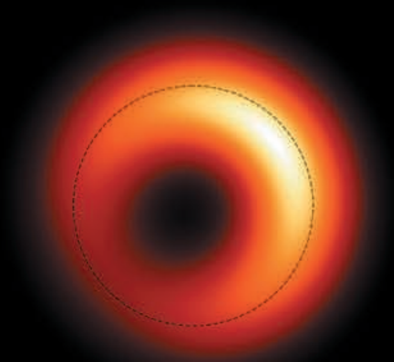
استحدث فريق تعاوُن تلسكوبات أفق الحدث سلسلة من الصور، تُظْهِر تطور الثقب الأسود M87* على مدى ثمانية أعوام باستخدام بيانات رصدية، وعمليات نمذجة رياضية.



عام 2017



عام 2013



عام 2011

EVENT HORIZON TELESCOPE COLLABORATION

أوَّل صورة للثقب الأسود تتحوَّل إلى مقطع مصوَّر

تحوَّلت الصورة التاريخية، التي رصدَتْ لأول مرةٍ على الإطلاق أحد الثقوب السوداء، والتي أُزيح الستار عنها في عام 2019، إلى مقطع مصوَّر. ويُظْهِر التتابُع القصير لِلَّقطات كيف يتغيَّر شكل الحلقة المحيطة بهذا الثقب بمرور السنوات، تغيُّرًا مدفوعًا بقوة جاذبيَّته، التي تؤدي إلى اضطراب حركة المادة المطوِّقة له، لتدُور في حركةٍ دواميَّة بلا انقطاع.

وقد أظهرت اللقطات ما يشبه بقعة مائلة من الضوء، تدور حول الثقب الأسود فائق الكتلة، الواقع في مركز المجرّة M87. وللخروج بهذه اللقطات، نَقَّب "تعاوُن تلسكوبات أفق الحدث" EHT -الذي يستعين بشبكة من المراصد الموزَّعة على امتداد كوكبنا- في بيانات قديمة عن هذا الثقب، وقام بالتوليف بينها وبين نموذج رياضي استند إلى صورة الثقب التي صدرت في إبريل من عام 2019، من أجل الوقوف على طريقة تطوُّر شكل الحلقة المحيطة بالثقب على مدار ثماني سنوات. ورغم أن النتيجة التي تمخضت عنها هذه الجهود تعتمد في جانب منها على تكهُّنات، فإنها تمُد علماء الفلك بوفرةٍ من المعلومات حول سلوك الثقوب السوداء، التي تمتلك جاذبية قوية، تمتصّ المادة والضوء من حولها.

وحول ذلك تقول بريامفادا ناتاراجان، عالمة الفيزياء الفلكية في جامعة ييل، التي يقع مقرُّها في مدينة نيو هايفن بولاية كونيتيكت: "تمثل هذه الدراسة مرحلة جديدة تمامًا، من حيث الرؤى التي تطرحها عن اضطرابات المجالات المغناطيسية التي نعتقد أنها تتخلل الأقراص التراكمية، وكذلك عن طبيعة هذه المجالات".

تُقدِّم هذه الدراسة، المنشورة في الثالث والعشرين من سبتمبر الماضي في دورية "أستروفيزيكال جورنال" *Astrophysical Journal*، ملمحًا مما قد يتمكّن فريقها من تحقيقه في المستقبل القريب، مع تحسُّن مستوى التقنيات التي ينتهجها (M. Wieglus *et al*. *Astrophys*. *J*. 901, 67, 2020). يقول ماشياك فيلجوس، المؤلف الرئيس للدراسة، وعالِم الفلك المتخصص في الموجات الراديوية بجامعة هارفارد في مدينة كامبريدج بولاية ماساتشوستس: "في غضون أعوامٍ قليلة، قد يكون في إمكاننا مطالعته، وكأننا نشاهد فيلمًا حقًّا".

كانت صورة الثقب الأسود، التي كَشَف "تعاوُن تلسكوبات أفق الحدث" النقاب عنها خلال العام الماضي، قد احتلت واجهات الصحف في جميع أنحاء العالم، وأظهرت الثقب الأسود المعروف باسم M87*، فائق الكتلة، الواقع في مركز المجرّة M87 التي تفصلها عن كوكبنا مسافة تبلغ 17 مليون فرسخ فلكي تقريبًا (ما يعادل 55 مليون سنة ضوئية). وقد تمكَّن الباحثون من تشكيل الصورة عن طريق تجميع إشارات الترددات الراديوية المنبعثة من الثقب، التي التقطتها المراصد الموزَّعة في شتى أنحاء الكوكب، على مدى ليلتين في شهر إبريل من عام 2017. وشُبِّه هذا الإنجاز بذاك الذي تَحَقَّق عندما رُصد بوضوح شكل حلقة على سطح القمر من الأرض.

ورغم أن الصورة كانت غائمة، فقد جاءت مطابِقة لما تنبَّأ به ألبرت أينشتاين في نظرية النسبية العامة فيما يتعلق بشكل البيئة المحيطة مباشرةً بالثقوب السوداء. وعلى وجه التحديد، قدمت الصورة أول دليل مباشر على وجود عتمة ما يُسمَّى بأفق الحدث، الذي يشير إلى السطح الذي يبتلع الأشياء "بلا رجعة"، والذي يفصل الثقب الأسود عن محيطه. وتُحدق بهذا القرص المعتم حلقةٌ من الضوء المنبعث من المادة فائقة السخونة، المتاخمة لأفق الحدث.

ومن اللافت للنظر أن أحد جانبي حلقة الضوء بدا أكثر سطوعًا من الآخَر، وهو الأمر الذي كان متوقعًا، ويُعزى إلى مجموعة من التأثيرات التي تنطوي عليها العمليات الديناميكية المعقدة التي تحدث فيما حول الثقب. كما يرجع ذلك، على وجه الخصوص، إلى أن المادة النجمية التي تسقط في الفراغ يُفترَض أن تدور بسرعة كبيرة خارج خط استواء الثقب الأسود، مكوِّنةً ما يُطلق عليه علماءُ فيزياء الفلك "الأقراص التراكمية". أمَّا الشكل المائل لبقعة الضوء، فيرجع في جانبٍ منه إلى "تأثير دوبلر" Doppler effect؛ حيث إنَّ حركةَ المواد على جانب القرص التراكمي الذي يدور في اتجاه الراصد تعزِّز الإشعاع المنبعث ليغدو أقوى، ويحدث العكس عند الجانب الذي يبتعد عن القرص.

وانطلاقًا من هذه النتائج، رجع فيلجوس إلى البيانات القديمة المستمَدة من "تعاوُن تلسكوبات أفق الحدث"، وقَصَد إلى دراستها، بهدف النظر في إمكانية تفسيرها، مسترشِدًا بلقطة عام 2017. وكان "تعاوُن تلسكوبات أفق الحدث" قد استمرَّ في رصد الثقب M87* منذ عام 2009، بالاستعانة في البداية بتلسكوبات مثبَّتة في ثلاثة مواقع فقط، بيد أنه مع إضافة التعاوُن مزيدًا من المراصد إلى شبكة تلسكوبات أفق الحدث، ارتفع مستوى جودة عمليات رصد الثقب. وفي عام 2017، ضمَّ التعاوُن ثمانية مراصد، تغطي كافة أرجاء كوكب الأرض، من هاواي وتشيلي إلى أوروبا. وللمرة الأولى، أصبح نطاقه كافيًا لإنتاج صورة فعلية للثقب.

أما البيانات القديمة، فقد تألَّفَتْ من أربع دفعات من البيانات، جُمعت في الأعوام: 2009، و2011، و2012، و2013، منها دفعتان لم تكونا منشورتَين. وحول ذلك، يقول فيلجوس: "كانت هذه البيانات قد طواها النسيان إلى حدٍّ ما، لأن الجميع قد غمره الحماس إزاء بيانات عام 2017". ومن هنا، أقدم فيلجوس، برفقة مجموعة من باحثي "تعاوُن تلسكوبات أفق الحدث" الآخرين، على إعادة تحليل هذه البيانات، ووجد أنها متسقة مع النتائج التي أسفر عنها مشروع عام 2017؛ إذ أظهرت وجود قرص معتم، محاط بحلقة من الضوء الساطع. ومع أن دفعات البيانات الأربع في حد ذاتها كانت تعُوزها الدقة اللازمة لإنتاج صور للثقب، نجح الفريق في استحداث صور صناعية للثقب في كل عام، بدءًا من عام 2009، حتى عام 2013، من خلال التوليف بين البيانات المحدودة المتاحة، ونموذج رياضي للثقب الأسود يستند إلى بيانات عام 2017 (انظر الشكل: "حلقة مضطربة").

وقد تبيَّن أن النتائج تحمل في طيَّاتها معلومات أكبر بكثير مما توقع فيلجوس؛ فكما هو الحال في لقطة عام 2017، أظهرت تلك النتائج أن أحد جانبي القرص كان أكثر سطوعًا من الآخَر، بيد أن البقعة المضيئة كانت في حالة دوران. وقد يرجع ذلك إلى أنَّ مناطق بعينها من القرص التراكمي أصبحت أكثر سطوعًا، أو خفوتًا، وهو ما قد يعزز السطوع الناجم عن "تأثير دوبلر"، أو حتى يذهب به في بعض الأحيان.

ولم يكن في ذلك ما يدعو إلى الاستغراب؛ فعلى الرغم

ترجمة مفقودة



عام 2009

من أن الثقب *M87، في حد ذاته، لا تطرأ عليه تغييرات من عام إلى آخر، فإنّ البيئة المحيطة به دائمة التغير، على حد قول مؤلفي الدراسة. وتفسير ذلك إنما يكمُن في أن المجالات المغناطيسية القوية في القرص التراكمي المحيط بالثقب يُفترض أن تؤدي إلى اضطراب هذا القرص في غضون أسابيع، وتُنتج بقاعًا أكثر سخونة، تدور عندئذ حول الثقب. وكان فريق بحثي منفصل قد توصَّل في عام 2018 إلى أدلة على وجود بقعة من الغازات الساخنة تدور حول الثقب المسمَّى "ساجيتاريوس إيه ستار" *Sagittarius A في غضون ساعة تقريبًا، وهو الثقب الأسود الواقع في مركز مجرّة درب التبانة. ونظرًا إلى أن الثقب *M87 -الذي تعادل كتلته 6.5 مليار كتلة شمسية- يربو حجمه على حجم "ساجيتاريوس إيه ستار" بأكثر من ألف مرة؛ فهذا يعني أنَّ العمليات الديناميكية حول هذا الثقب تستغرق وقتًا أطول.

ويسعى "تعاوُن تلسكوبات أفق الحدث" إلى رصد الثقبين الأسودين *M87، و"ساجيتاريوس إيه ستار" كل عام في أواخر مارس، أو أوائل إبريل، إذ يرجَّح حينئذٍ أن تكون الظروف الجوية مواتية في الوقت نفسه في عدة مواقع من شبكة التلسكوبات. وقد اضطر الفريق إلى إلغاء مشروعه لعام 2020، بسبب القيود التي فرضتها جائحة "كوفيد-19"، غير أنه يأمل في أن تسنح له فرصة أخرى في عام 2021. وإنْ سارت جميع الأمور وفق ما هو مخطط لها، فسوف تضم شبكة التلسكوبات مراصد أخرى، من بينها مرصد في جرينلاند، وآخر في فرنسا.

كما يتطلَّع الفريق إلى أن يشمل مشروعه خلال العام القادم أولى عمليات رصد الثقوب السوداء على المستوى العالمي، اعتمادًا على الأشعة ذات الأطوال الموجية الأقصر. ورغم أن الرصد عبر الغلاف الجوي الأرضي سوف يغدو أصعب عندئذ، فهذا من شأنه تحسين دقة الصور التي يحصل عليها "تعاوُن تلسكوبات أفق الحدث". تقول سارا إيساون، عالمة الفلك المتخصصة في الموجات الراديوية بجامعة رادبود في مدينة نايميخن بهولندا: "عندئذٍ سيكون في إمكاننا إلقاء نظرة أقرب على عتمة الثقب الأسود، والحصول على صورٍ أكثر دقة ووضوحًا".

بقلم دافيديه كاستلفيكي

الإمارات تُعلِن اعتزامها إطلاق أول بعثةٍ عربية إلى القمر

أطلقت الإمارات العربية المتحدة بالفعل مسبارًا إلى المريخ، وتطمحُ الآن إلى إطلاق مزيدٍ من البعثات الفضائية.

إليزابيث جيبني

أعلنت دولة الإمارات العربية المتحدة أنَّها تُخطِّطُ لإرسال مركبةٍ جوَّالة صغيرةِ الحجم إلى القمر، بهدف دراسته في عام 2024. وقد أُطلق على تلك المركبة اسم "راشد". يُبْرِز هذا الإعلان اتجاه دولة الإمارات الصغيرة إلى تكثيف طموحاتها في مجال ارتياد الفضاء. وفي حال نجاح بعثة "راشد" الفضائية، فإنَّ وكالة الإمارات للفضاء قد تصبح رابع وكالةِ فضاء على مستوى العالم تُسيِّر مركبةً فضائية على سطح القمر، والأولى عربيًّا في هذا الصدد.

وقد صرَّح مركز محمد بن راشد للفضاء (MBRSC) في دبي بأنَّ فريق عمله الداخلي سيتولى تطوير هذه المركبة الجوَّالة، البالغ وزنها 10 كيلوجرامات، بالإضافة إلى بنائها وتشغيلها. وجديرٌ بالذكر أنَّ المركبة سُمِّيَت بهذا الاسم تيَمُّنًا بالراحل الشيخ راشد بن سعيد آل مكتوم، الذي تولَّى حُكْم دبي عندما تأسست الإمارات العربية المتحدة في عام 1971.

وسيُعيِّن الفريق وكالةً فضائية، أو شريكًا تجاريًّا لم يُسمِّه بعد، لتنفيذ عمليتَي الإطلاق والهبوط، اللتين تُعَدّان المرحلتين الأكثر خطورة في تلك البعثة. وإذا كُللت مهمة مركبة "راشد" بالنجاح، فسوف تصبح واحدةً من بين عدة مركباتٍ جوالة تنتجها شركات أو وكالات فضاء خاصة بهدف زيارة القمر بحلول عام 2024.

الدراسة العلمية

ينطوي بناء مركبةٍ فضائية جوَّالة على مجموعةٍ من التحديات الجديدة بالنسبة إلى دولةٍ مثل الإمارات، التي لا تتعدى خبرتها في مجال استكشاف الفضاء -بوجه عام- 14 عامًا، والتي أطلقت في عام 2020 أيضًا أولى مركباتها المدارية المسافرة بين الكواكب في رحلةٍ وجهتها المريخ.

وتتمتع مركبة "راشد" بتصميمٍ بسيط إلى حد ما، ومن المقرر أن تحمل ستة أجهزةٍ مخصصة لأغراض علمية، من بينها أربع كاميرات. وعن المركبة، تقول هانا سارجِنت، اختصاصية عِلْم الكواكب بالجامعة المفتوحة في مدينة ميلتون كينيز في المملكة المتحدة: "يحاول فريق العمل على المركبة في هذه المرحلة تحقيق ما يتناسب مع إمكاناته، وأعتقدُ أنَّ هذا في حقيقة الأمر ذكاء كبير من جانبه".

ومن المزمع ألا تتعدى كتلة المركبة عُشر كتلة نظيرتها الصينية "تشانج إي-4" Chang'e-4، التي تُعَد المركبة الوحيدة قيد التشغيل حاليًا على سطح القمر. وستتضمن مهمة مركبة "راشد" إجراء تجربة تهدف إلى دراسة الخواص الحرارية لسطح القمر، وهذا من شأنه أن يوفر معلوماتٍ مهمة عن تركيب تضاريسه. كما ستدرس تجربةٌ أخرى تركيب الغبار القمري وحجم جسيماته على المستوى المجهري، على حد قول حمد المرزوقي، مدير مشروع البعثة القمرية في مركز محمد بن راشد للفضاء.

وتقول سارجِنت إنَّ أكثر أجهزة المركبة إثارةً للاهتمام هو مسبارٌ من نوع "لانجميور" Langmuir probe. فهذا المسبار –الذي يُعَد الأول من نوعه على القمر- سيدرس بلازما الجسيمات المشحونة التي تحوم على سطح هذا الجرم، والتي تنجم عن الرياح الشمسية المتدفقة؛ حيث إنّ تلك البيئة تشحن الغبار كهربيًّا عبر عمليةٍ غير مفهومة إلى حدٍ كبير، حسب قول سارجِنت.

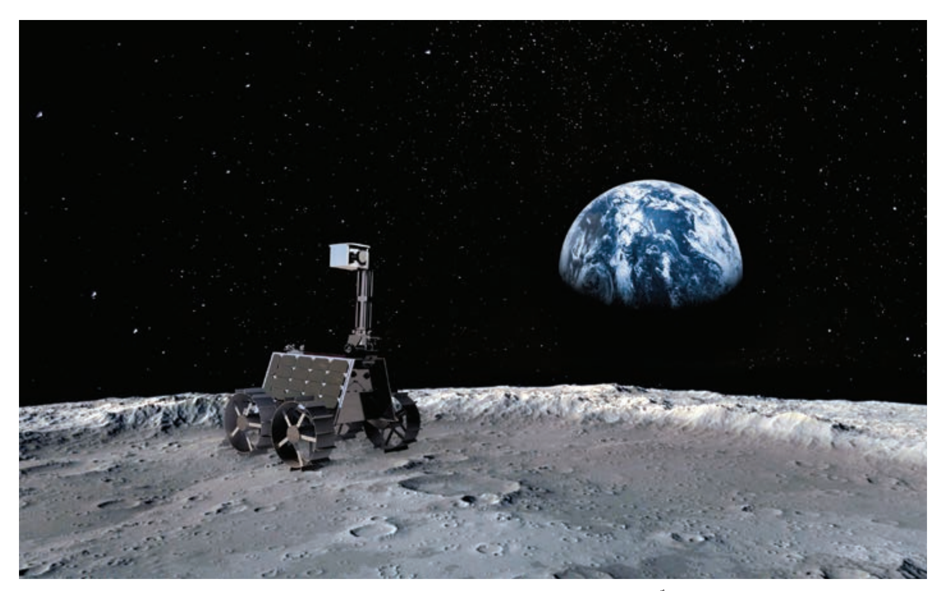
وأضافت العالِمة قائلة إنّ التجارب التي سوف يجريها المسبار على سطح القمر لفهم تلك البيئة المشحونة كهربيًّا لها أهمية كبيرة، لأنَّ الظروف هناك تجعل الغبار القمري يَعلَق بالسطوح، وهو ما يمكن أن يشكل خطورةً على البعثات المستقبلية المزودة بأطقم بشرية. وأردفت قائلة: "في الحقيقة، هي حبيباتٌ حادَّة للغاية وصغيرة الحجم جدًّا، تنتشر في كل مكان، وتلتصق بأي شيء، ويمكن أن تمثل خطورةً على رواد الفضاء، إذا استنشقوا الكثير منها".

ومن المُزمع أن تهبِط المركبة في موقع غير مُستكشَف بالجانب القريب إلى الأرض من القمر، يقع بين خطّي عرض 45 درجة شمالًا، و45 درجة جنوبًا من خط استواء القمر. وهذا من شأنه أن يُيسِّر التواصل بين المركبة والأرض، مقارنةً بهبوطها على الجانب البعيد من القمر. كما يُفترض أنْ يجعل ذلك هبوط المركبة أقل صعوبةً، وأكثر سلاسة منه في حال هبوطها في مناطق القمر القطبية، لكنَّ الموقع المحدد للهبوط لم يُحدَّد بعد، وسوف يجري اختياره من بين خمسة مواقع مُرشَّحة.

ومن المقرر أن تستمر البعثة لنهار قمري واحد على الأقل، أي 14 يومًا أرضيًّا تقريبًا. ويمكن للمركبة أن تتحرك لمسافةٍ تتراوح من بضعة مئاتٍ من الأمتار إلى عدة كيلومترات. ويأمل الفريق أن تستمر المركبة أيضًا في العمل خلال الليل القمري، الذي يضاهي طوله امتداد النهار القمري، وتنخفض فيه درجة الحرارة إلى 173 درجة مئوية تحت الصفر تقريبًا. وتجدر الإشارة إلى أنّ المركبات الجوَّالة السابقة كانت تحمل، في أغلب الأحيان، مصدرًا للحرارة، لكنَّ استمرار مركبة "راشد" في العمل خلال الليل القمري يتطلب ابتكار تقنيةٍ جديدة تناسب حجمها الضئيل، على حد قول عدنان الريس، مدير برنامج المبادرة الإماراتية طويلة المدى لتوطين البشر على الكوكب الأحمر، التي تُعرف باسم "المريخ 2117"، والتي تتضمن أيضًا استكشاف القمر. وقد رفض الريس الإفصاح عن ميزانية بعثة "راشد"، لكنَّه قال إنَّ البيانات العلمية كلها ستتاح بشفافية للمجتمع الدولي بأسره.

مواجهة التحديات

يقول الريس إنَّ البعثة الإماراتية إلى القمر هي الأولى ضمن مجموعةٍ من البعثات التي يُستهدَف منها خلق منصة لابتكار تقنياتٍ جديدة، تدعم، في نهاية المطاف،



رسمٌ تَخيُّلي لمركبة "راشد" الجوَّالة، التي تخطِّط الإمارات العربية المتحدة لإرسالها إلى القمر، والتي سوف تحمل على متنها كاميراتٍ عالية الدقة، وآلة تصوير حراري، ومسبارًا من نوع "لانجميور".

MBRSC

البعثات المنطلقة إلى سطح المريخ، وتساعد على مواجهة التحديات المرتبطة بتوفير الغذاء، والطاقة، والأمن المائي في الإمارات، حيث قد تغدو الموارد الطبيعية شحيحةً، مثلما هي على سطح القمر. وعلَّقت على ذلك المهندسة سارة المعيني، التي تعمل على تطوير نظام اتصالات المركبة، قائلة: "تنطوي المهمة على تحدٍّ، لكنَّنا كما تعلمون نحب التحديات هنا في الإمارات".

هذا، إضافةً إلى أنَّ خفة وزن المركبة تتيح لها التحليق على متن مركبة هبوط تجارية، وهو ما قد يقلل التكلفة الإجمالية للبعثة. وكونها صغيرةً وخفيفةً معناه أنَّها "يمكن تطويرها على نحوٍ أسرع، وستجد وسيلةً تصعد بها إلى سطح القمر بسهولةٍ أكبر"، على حد قول المرزوقي، الذي أضاف أن هذا من شأنه أن يفتح الباب أمام الإمارات لإرسال بعثاتٍ أخرى كثيرة إلى سطح القمر، تختلف مواقع هبوطها وأهدافها العلمية.

جهود تعاوُن دولية

لا يتجاوز عمر وكالة الإمارات للفضاء ست سنوات، كما أنَّ عُمْر برنامج الأقمار الصناعية الخاص بتلك الدولة الخليجية لا يتعدى 14 عامًا. هذا إلى جانب أنَّ البلد لم يبدأ في منح درجات الدكتوراة للباحثين في أي مجالٍ إلا منذ عشر سنوات فقط، لكنَّه سرعان ما أصبح من بين الدول التي تخوض حقل ريادة الفضاء، من خلال سياسةٍ تقوم على تعيين شركاء دوليين من الأوساط الأكاديمية والصناعية، للمساعدة على إنشاء البعثات وتصميمها، بينما يعكف على تدريب مهندسين محليين.

ومع أنَّ الإمارات تتمتع الآن بخبرةٍ في مجال الأقمار الصناعية، والمركبات المدارية، وأجهزة الاستشعار عن بُعْد، فإنَّ البعثات الروبوتية، مثل تلك التي تنوي إطلاقها إلى القمر، ستحتاج إلى مهاراتٍ جديدة، تتعلق ببناء الهيكل الميكانيكي للمركبة الجوَّالة، وأنظمتها الخاصة بالتدفئة والاتصالات. وتقول المعيني إنَّ التحدي الأكبر سيتمثل في إرسال الإشارات عبر 384 ألف كيلومتر إلى كوكب الأرض، اعتمادًا على الطاقة المحدودة لتلك المركبة خفيفة الوزن، والهوائي القصير الخاص بها.

ويعمل أعضاء فريق تصميم المركبة الجوَّالة في مركز محمد بن راشد للفضاء على هذا المشروع منذ حوالي عامين، ويصممون المركبة استنادًا إلى مسابير سابقة نجحت في مهمتها. كما أنَّهم يخططون لوضع مجموعةٍ من النماذج الأولية السريعة للمركبة، وتطوير تلك النماذج، على حد قول المرزوقي. وعلى العكس من مسبار "الأمل"، الذي أطلقته الإمارات إلى المريخ، والذي شُيِّد في الأساس في الولايات المتحدة على أيدي مهندسين أمريكيين وإماراتيين، يؤكد المرزوقي على أنَّ المركبة الجوَّالة المزمع إرسالها إلى القمر ستُبنَى بالكامل في الإمارات، لكنَّه استدرك موضحًا أنَّ العملية مع ذلك ستتضمن مشارَكات دولية.

إنّ وصول مركبة "راشد" إلى القمر ليس مضمونًا، فحتى الآن، لم تتمكن أي وكالة فضاء من إنزال مركبةٍ على سطح القمر بأمان، سوى وكالات الفضاء الصينية، والسوفييتية، والأمريكية، ولم تنجح أي شركةٍ خاصة في ذلك أيضًا، إذ تحطمت أكثر من 20 مركبة هبوط على سطح القمر، كانت آخرها البعثة الهندية "تشاندرايان-2" Chandrayaan-2 في عام 2019. وبالرغم من أنَّ عام 2024 الذي يُخطَّط أن تنطلق فيه بعثة الإمارات سيشهد أيضًا إطلاق بعثة "أرتميس" Artemis الدولية، التي تقودها وكالة ناسا؛ بهدف إرسال البشر من جديد إلى سطح القمر، فإن البعثة الإماراتية ستمضي قُدُمًا، حتى وإنْ تعثرت بعثة "أرتميس"، وفقًا لما أدلى به الريس، الذي أضاف قائلًا: "خُططَنا مستقلةٌ تمامًا".

وقد تشهد السنوات القليلة القادمة إطلاق عددٍ كبير من المركبات الجوَّالة ومركبات الهبوط إلى القمر قبل مشروع "أرتميس"، إذ تخطط وكالة ناسا للاستعانة بشركاتٍ تجارية؛ من أجل إرسال أجهزةٍ مخصصة لإجراء تجارب علمية وتقنية إلى القمر، بدءًا من عام 2021. كما أنَّ عدة دول تُخطِّط لإرسال مركبات هبوط أو مركباتٍ جوَّالة خلال السنوات الخمس القادمة، منها الصين، والهند، وإسرائيل، واليابان، وروسيا، إضافةً إلى وكالة الفضاء الأوروبية.

وعَلَّق المرزوقي على ذلك قائلًا: "يبذل الجميع مساعي حثيثة للصعود إلى القمر، ونرغب في أن نكون مِن الأطراف الرئيسة المُسْهِمَة في هذه الجهود الدولية".

كيف يُمكن للصين تحقيق الحياد الكربوني بحلول مُنتصف هذا القرن؟

يتقصَّى هذا التقرير الخاص سيناريوهات تحقيق الحياد الكربوني في الصين، وكيفية الاستفادة من مصادر الطاقة المتجددة، والطاقة النووية، وعمليات احتجاز الكربون وتخزينه في الدفع باتجاه هذا الهدف.

سمريتي مالاباتي

تعهَّدت الصين، التي تتصدَّر قائمة دول العالم من حيث حجم انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، بتحقيق الحياد الكربوني قبل حلول عام 2060، على أن تَشرع في خفض انبعاثاتها من الغاز خلال السنوات العشر المقبلة.

ففي جلسةٍ افتراضيّة للجمعية العامة للأمم المتَّحدة، عُقدت في شهر سبتمبر الماضي، أعلن الرئيس الصيني شي جين بينج تلك التعهُّدات الطموحة أمام جمع من زعماء العالم. وقد كان للخبر وقْعُ المفاجأة على كثيرٍ من الباحثين، ومنهم باحثون صينيُّون، إذ لم يكن في حسبانهم أن الصين سوف تلتزم بتحقيق هذا الهدف الجريء. وسوف يتطلَّب الوفاء بهذا الهدف، الذي يُعد أول هدفٍ مناخي طويل المدى تتعهَّد الصين بتحقيقه، خفض صافي انبعاثاتها من غاز ثاني أكسيد الكربون -وربما غيره من غازات الدفيئة الأخرى- إلى مستوى الصفر، وهو ما يستلزم اتخاذ عددٍ من التدابير التي من شأنها معادلة الانبعاثات الكربونية، ومنها التوسُّع في زراعة الأشجار، أو احتجاز الكربون وتخزينه في باطن الأرض.

وعلى أثر إطلاق الرئيس الصيني تلك التصريحات، عمدَتْ دورية *Nature* إلى النظر في مقترحاتٍ عِدّة، تقدَّمت بها مجموعاتٌ بحثية نافذة، تربطها علاقات وثيقة بالحكومة الصينية. تدور هذه المقترحات حول السُّبل التي من شأنها أن تمكِّن الصين من تحقيق الحياد الكربوني قبل عام 2060. وقد تبيَّن أن الخطط المطروحة تتفاوت فيما بينها في بعض المسائل التفصيلية، إلا أنَّها تتفق على ضرورة أن تكون نقطة البدء هي اتجاه الصين إلى الاعتماد على مصادر الطاقة النظيفة (عديمة الانبعاثات) في توليد أغلب احتياجاتها من الكهرباء، ثم التوسُّع في استخدام هذه الطاقة النظيفة

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

حيثما أمكن، كأنْ تحلّ السيارات التي تعمل بالطاقة الكهربية محل السيارات التقليدية. وإضافةً إلى ذلك، ستكون الصين بحاجةٍ إلى تقنياتٍ بمقدورها احتجاز غاز ثاني أكسيد الكربون الناجم عن احتراق الوقود الأحفوري، أو المنبعث من الكتلة الحيوية، وتخزينه في باطن الأرض، من خلال تلك العملية التي تُعرف بعملية احتجاز الكربون وتخزينه (CCS).

يقول مارك ليفين، الباحث المتقاعد، المختص بسياسات الطاقة لدى مختبر لورانس بيركلي الوطني، الواقع في مدينة بيركلي بولاية كاليفورنيا الأمريكية، إنَّ أنباء اعتزام الصين تحقيق هدف الحياد الكربوني "تقلب الموازين" على صعيد المناخ العالمي، وقد تدفع بلدانًا أخرى إلى حثِّ الخُطى في هذا الاتجاه، والتحرُّك بوتيرةٍ أسرع مما لو لم تُقْدِم الصين على تلك الخطوة.

وحَسْب مقترحٍ طرحه تشانج زيليانج، خبير نمذجة المناخ بجامعة تسنجوا في بكين، فإنَّ وفاء الصين بذلك الهدف يستلزم زيادة معدلات إنتاج الكهرباء إلى أكثر من ضِعف المعدلات الحالية، بحيث تصل بحلول عام 2060 إلى 15,034 تيرا وات في الساعة، على أنْ يُعتمد في إنتاج النسبة الأكبر من تلك الكهرباء على مصادر نظيفة. وسوف تتوقف هذه الزيادة على زيادة إنتاجية عمليات توليد الطاقة الكهربية من المصادر المتجددة زيادةً ضخمة خلال العقود الأربعة المقبلة، بحيث ترتفع إنتاجية توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية بمقدار 16 مرة، ومن طاقة الرياح بمقدار 9 مرات. ومن أجل تعويض الطاقة المولَّدة من الفحم، يتعيَّن على الصين زيادة حجم الطاقة النووية لديها بمقدار 6 مرات، فضلًا عن مُضاعفة حجم الطاقة الكهرومائية.

وحسْب المقترَح المقدَّم، سيظل الوقود الأحفوري -مثل الفحم، والنفط، والغاز- يمثل نسبة من الطاقة المُستهلَكة، تبلغ 16%، ولذا يلزم أن يقترن هذا الاستهلاك بعمليات احتجاز الكربون وتخزينه، أو العمل على معادلة الانبعاثات الكربونية، عن طريق زراعة غابات جديدة، واستحداث تقنياتٍ قادرة على امتصاص ثاني أكسيد الكربون مباشرةً من الغلاف الجوي.

يُذكر أن هذا النموذج، الذي طوَّره زيليانج بالتعاون مع معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في مدينة كامبريدج الأمريكية، كان جزءًا من مشروع وطني ضخم يستشرف أحد السيناريوهات المستقبلية لخفْض الانبعاثات الكربونية في الصين، نُفِّذَ بقيادة معهد تغير المناخ والتنمية المستدامة بجامعة تسنجوا الصينية. وقد قُدِّم النموذج في اجتماعٍ حضره مسؤولون بيئيون في الثاني عشر من أكتوبر الماضي، وقال زيليانج عنه: "نموذجنا هو أول نموذج يدعم جهود صنع السياسات الحكومية في هذا الصدد".

وحسْب هذا النموذج، سوف تواصل الانبعاثات الارتفاع، من 9.8 مليار طن من ثاني أكسيد الكربون في العام الحالي إلى ما يقرب من 10.3 مليار طن في عام 2025، ثم يستقر عند ذلك المعدَّل لمدةٍ تتراوح بين 5 و10 سنوات، قبل أن يشهد انخفاضًا حادًّا يبدأ في عام 2035، ليصل صافي الانبعاثات إلى مستوى الصفر بحلول عام 2060، غير أنَّ تكلفة إحداث تحوُّل في الاقتصاد الصيني، بحيث يعتمد على مصادر أخرى غير الوقود الأحفوري في فترةٍ قصيرة كهذه، ستكون تكلفةً باهظة، على حدِّ قول ليفين، حيث إنّ الطاقة المتولدة من المحطات التي تعمل بالفحم تمثل حوالي 65% من إنتاج الصين من الكهرباء، كما إنّ هناك أكثر من 200 محطة طاقة جديدة تعمل بالفحم قيد الإنشاء حاليًّا، أو جرى التخطيط لإنشائها في المستقبل القريب. وأضاف ليفين قائلًا إنّ هذا التوجُّه سوف "يُقابَل بمُعارضة هائلة" من قِبل الصناعات التي تعتمد على الوقود الأحفوري.

أمَّا فرانك جوتزو، خبير الاقتصاد البيئي في الجامعة الوطنية الأسترالية بمدينة كانبيرا، فيلفت الأنظار إلى تكلفة أخرى لا يُستهان بها، تتمثَّل في عمليات تخزين الطاقة اللازمة لإدماج ناتج طاقة الرياح والطاقة الشمسية في المنظومة على هذا النطاق الواسع.

ومع ذلك، يقول جانج هِي، المتخصص في نمذجة نظم الطاقة بجامعة ستوني بروك في نيويورك، إنَّ كلفة تخزين الطاقة باستخدام البطاريات قد انخفضت على مدار العِقد الماضي، وإنّ ذلك ربما يقلل من التكاليف. وأضاف أنه إذا استمرت تكاليف تقنيات الطاقة المتجددة في الانخفاض بالمعدلات الحالية، فقد يصبح بإمكان الصين توليد ما يزيد على 60% من احتياجاتها من الكهرباء، اعتمادًا على الوقود غير الأحفوري بحلول عام 2030. وتابع قائلًا: "إنه لأمر يبعث على التفاؤل حقًّا".

تعزيز إنتاج الطاقة النووية

وضعت فِرقٌ بحثية أخرى تصوُّراتٍ مختلفة لسيناريوهات تحقيق الحياد الكربوني في الصين مستقبلًا، ومنها السيناريو الذي أشرف على وضعه الباحث جيانج كيجون، خبير نمذجة الطاقة في معهد بحوث الطاقة، التابع للجنة الوطنية للتنمية والإصلاح (NDRC) في العاصمة بكين. ووفقًا لذلك السيناريو، سوف تصل الانبعاثات إلى ذروتها بحلول عام 2022، لتبلغ 10 مليارات طن من ثاني أكسيد الكربون، قبل أن تنخفض انخفاضًا حادًّا، حتَّى يصل صافي الانبعاثات إلى مستوى الصفر بحلول عام 2050.

ومن أجل بلوغ تلك الغاية، لا بد من مضاعفة معدل إنتاج الكهرباء، ليصل إلى 14,800 تيراوات في الساعة بحلول عام 2050. والملاحَظ أن هذا المعدل يُعادِل نظيره المُقترَح في نموذج زيليانج، إلا أنَّ الجزء الأكبر من الطاقة الكهربية سوف يتولَّد في هذه الحالة اعتمادًا على الطاقة النووية (28%)، متبوعةً بطاقة الرياح (21%)، ثم الطاقة الشمسية (17%)، والطاقة المائية (14%)، والكتلة الحيوية (8%). أمَّا الفحم والغاز، فسوف تقتصر نسبتهما على 12% من إنتاج الكهرباء.

ومعنى ذلك أنَّ الصين سوف تحتاج إلى زيادة سعتها الإنتاجية للطاقة النووية -التي تبلغ حاليًّا 49 جيجاوات، تنتجها قرابة 50 محطة طاقة نووية في البلاد- بمقدار خمس مرات، لتبلغ 554 جيجاوات بحلول عام 2050، وذلك عبر تشييد محطاتٍ جديدة على وجه السرعة.

وحسب تحليل جيانج، فإنَّ الطاقة النووية تستطيع توفير الحِمل الأساسي المطلوب من الطاقة على نحوٍ أكثر انتظامًا من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. وأضاف جيانج أنّ محطات الطاقة النووية، في أحدث تصميماتها، تتسم بالأمان، ولا تُنتج سوى قدر ضئيل من النفايات المُشعة.



LI ZONGXIAN/VCG/GETTY

ستحتاج الصين إلى تعزيز إنتاجها من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، لتحقيق الحياد الكربوني بحلول عام 2060.

ورغم ذلك ينظر كثيرٌ من الباحثين إلى الطاقة النووية بعين الريبة؛ إذ يرى زيليانج أنَّ التكلفة والوقت اللازمين لبناء محطات الطاقة قد شهدا زيادةً هائلة، كما أنَّ واقعة الانصهار التي شهدتها محطة "فوكوشيما دايتشي" للطاقة النووية في اليابان خلال عام 2011 جعلت إقامة تلك المحطات في المناطق الداخلية من البلاد أمرًا غير مقبول بالنسبة إلى الكثيرين.

تقليص الاعتماد على الفحم

يتصدَّى جيانج في تحليله إلى مسألة جوهرية أخرى، تبقى مثار خلافٍ بين الباحثين، وهي المتعلقة بدور عمليات احتجاز الكربون وتخزينه. يذهب هذا النموذج إلى أنَّه قد يكون من الممكن الاعتماد على تقنيات احتجاز الانبعاثات الكربونية وتخزينها في التعامل مع حوالي 850 جيجاوات من الطاقة الكهربية المولَّدة من الفحم، والغاز، والوقود الحيوي.

وعن ذلك يقول هونجبو دوان، الخبير الاقتصادي المتخصص في شؤون المناخ بجامعة الأكاديمية الصينية للعلوم في بكين، الذي وضع أيضًا نموذجًا يتطلَّب استخدام تلك التقنيات بكثافة: "مثل هذه الأهداف المناخية الصارمة يتطلَّب استخدامًا مكثفًا لتقنيات احتجاز الكربون وتخزينه"، لكنَّ ذلك يتطلب استثماراتٍ ضخمة، بالنظر إلى أنَّ الصين لا تمتلك حاليًّا سوى منشأةٍ واحدة كبيرة قيد التشغيل لاحتجاز الكربون وتخزينه في أحد حقول النفط، إضافةً إلى سبع منشآتٍ أخرى في طور التخطيط أو التشييد في الوقت الراهن. صحيح أن هذه التقنيات ستتيح للصين الاستفادة من قدرٍ من الطاقة المُولَّدة من الفحم على المدى الطويل، إلا أنها -وفقًا لبعض الباحثين- ما زالت باهظة التكلفة، مما يحدّ من استخدامها.

ويرى كثيرٌ من الباحثين أنَّه يتعيَّن على الصين التوقف عن بناء محطاتٍ جديدة لتوليد الطاقة التي تعمل بالفحم. ويقول كار ساندهولت، خبير نمذجة نظم الطاقة، المقيم في كوبنهاجن، ويعمل لدى المركز الصيني الوطني للطاقة المتجددة، التابع للجنة الوطنية للتنمية والإصلاح، إنّ العمر الافتراضي لمحطات الطاقة القائمة سوف يحين قبل الموعد النهائي المُعلَن لتحقيق هدف الحياد الكربوني، خلال 40 عامًا.

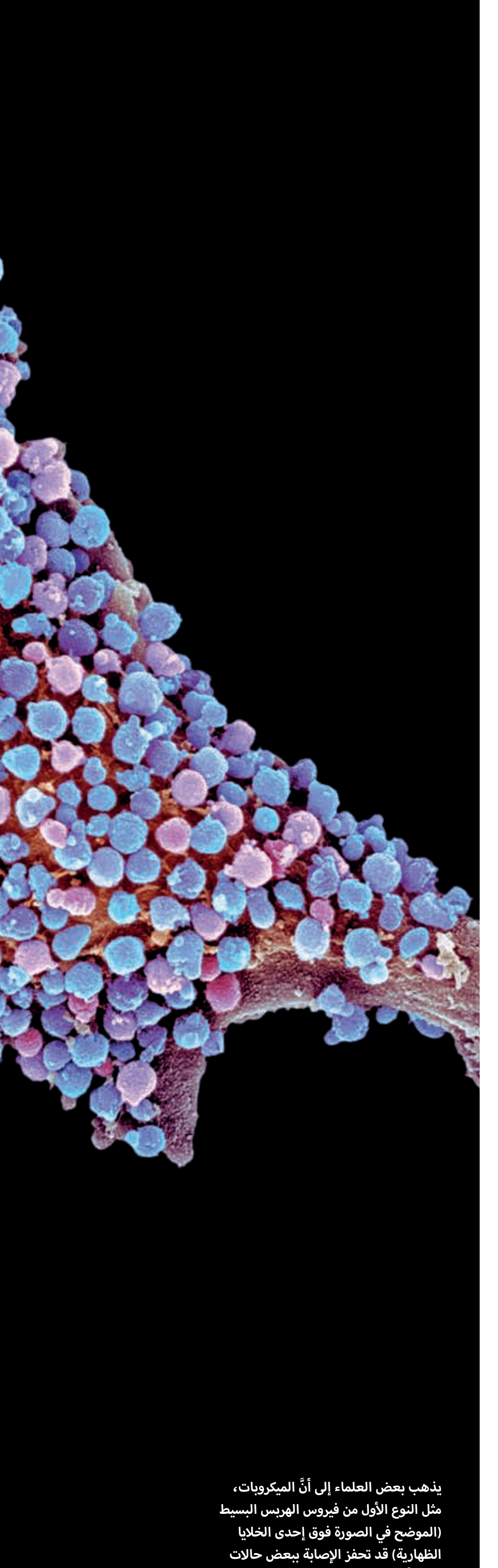
وأمَّا جانج هِي، فيلفت الأنظار إلى إنَّ الصين تحتاج -وهي تُنفِّذ هذا التحوّل- إلى أن تأخذ في اعتبارها رفاهية عمال صناعات الطاقة وتعدين الفحم، الذين يبلغ عددهم قرابة 3.5 مليون عامل، وأن تُعنَى بأمنهم الاقتصادي، وأن تلتفت كذلك إلى الكثيرين من مواطنيها الذين يعتمدون على خدمات الكهرباء والتدفئة منخفضة التكلفة.

وأكبر الظن أنَّ النهج الذي ستأخذ به الصين البلاد، سعيًا إلى تحقيق هدف الحياد الكربوني، سوف يُصبح أكثر وضوحًا خلال الشهور المقبلة. فالصين، شأنها شأن سائر البلدان المُوقِّعة على اتفاقية باريس للمناخ لعام 2015، مُلزَمةٌ بتقديم أهدافٍ أكبر لخفض الانبعاثات قبل نهاية العام الجاري. كما يعمل المسؤولون الصينيون حاليًّا على إعداد النسخة الأولية من الخطة الخمسية الأحدث للتنمية الاجتماعية والاقتصادية في الصين، التي من المقرر إصدارُها في مارس المقبل، ويُتوقَّع أن تشمل سياساتٍ تهدف إلى تحقيق الحياد الكربوني.

وعلى حدِّ قول تشانج تشونج شيانج، الخبير الاقتصادي بجامعة تيانجين، فإن التحليل المفصَّل لأهداف الطاقة والمناخ كفيلٌ بأنْ يُبيِّن مدى جدِّية الصين في الوفاء بوعد الحياد الكربوني الذي قطعَتْه على نفسها.

هل يمكن لعدوى ميكروبية أن تسبب الإصابة بمرض ألزهايمر؟

على مدى عقود، طُرحت نظريةٌ غير شائعة، تربط بين داء الخرف، والإصابة بعدوى ميكروبية. وها قد حانَ الوقت لدراسة ما قد يكون بينهما من صلات. **بقلم أليسون أبّوت**



يذهب بعض العلماء إلى أنَّ الميكروبات، مثل النوع الأول من فيروس الهربس البسيط (الموضح في الصورة فوق إحدى الخلايا الظهارية) قد تحفز الإصابة ببعض حالات مرض ألزهايمر.

كان ذلك قبل عامين، حين أعلن ليزلي نورينز، اختصاصي المناعة، ورائد الأعمال في مجال نشر البحوث الطبية، أنّه سيَمنح جائزةً قدرها مليون دولار أمريكي من ماله الخاص لأيّ عالِمٍ ينجح في إثبات أنَّ نوعًا من الجراثيم هو ما يقف وراء الإصابة بمرض ألزهايمر.

على مدى عقود، ترددت في الأوساط البحثية المعنية بدراسة علم الأعصاب نظرية تقول إنّ هذا النوع من الخرف قد يكون ناجمًا عن الإصابة بعدوى ما. غير أنَّ غالبية المتخصصين في أبحاث ألزهايمر يعتقدون، استنادًا إلى كَمّ هائل من الأدلة العلمية، بأنَّ المسؤول الأول عن الإصابة بهذا المرض يتمثل في جزيئات لزجة في الدماغ، تُعرف بالأميلويدات (amyloids)، وأنَّ هذه الجزيئات تتكتل مكونةً مناطق تُعرف باسم اللُّوَيْحات، التي تتسبب بدورها في حدوث التهابات، وتقتل الخلايا العصبية، ثم جاء نورينز بإعلانه عن هذه الجائزة، قاصدًا مكافأة أي جهدٍ بحثي يكون من شأنه أن تُصبح فكرة العدوى أقرب إلى التصديق، وأقدر على الإقناع؛ حيث إنّ فرضية الأميلويدات قد تحوَّلت -حسب قوله- إلى "الفكرة الوحيدة المقبولة، والمدعومة بالأدلة، وكأنما قد حاز ختم التصديق في الأوساط البحثية. أمَّا الرواد القلائل، ممَّن تناولوا فرضية الميكروبات، ونشروا أبحاثًا في هذا الصدد، فقد قوبلوا إما بالسخرية، أو بالتجاهل".

يُعزَى هذا الموقف، في جانبٍ كبير منه، إلى أنَّ بعضًا من أوائل مؤيدي نظرية العدوى قد طرحوها بوصفها بديلًا لفرضية الأميلويدات. لكنَّ بعض الأبحاث الحديثة وَفَّر لنا أدلةً مثيرةً للاهتمام، تُلمِح إلى إمكانية التوفيق بين كلتا الفكرتين، أي أنَّ الإصابة بالعدوى يمكنها أن تتسبب في نشوء بعض حالات مرض ألزهايمر، من خلال تحفيز إنتاج تكتلات الأميلويدات.

تشير البيانات المستقاة من هذه الأبحاث إلى أنَّ للأميلويدات دورًا محوريًّا في الخلايا العصبية؛ فبدلًا من كونها مجرد نوع من الفضلات السامة الناتجة، قد تكون لها وظيفةٌ مهمة، تتمثل في المساعدة على حماية الدماغ من العدوى. غير أنَّ التقدم في السن ربما يعطل الآليات التي تضبط الوظائف المختلفة في منظومة الجسم، أو ربما تفعل ذلك بعض العوامل الجينية، مما يُحِيل الأميلويدات مِن مُدافع عن الجسم إلى عدو يهاجمه.

تطرح هذه الفكرة مقارباتٍ جديدة لاستكشاف العلاجات المحتملة للمرض. ولإخضاع الفرضية إلى مزيدٍ من الفحص والتمحيص، يعكف العلماء حاليًّا على تطوير نماذج حيوانية تحاكي مرض ألزهايمر، متوخِّين درجةً أكبر من الدقة. وفي هذا الصدد، يقول بار دو سترويبه، عالِم الأعصاب الذي يشغل منصب مدير معهد المملكة المتحدة لأبحاث الخرف، التابع لكلية لندن الجامعية: "إنَّنا نأخذ هذه الأفكار على محمل الجد".

تكتُّلات خانقة

تذهب فرضية الأميلويدات إلى أنَّ مرض ألزهايمر ينتج عن تراكم بروتيناتٍ لزجة قابلة للذوبان في الفراغات الفاصلة بين خلايا الدماغ، تُعرَف باسم ببتيدات "أميلويد-بيتا" amyloid-β. تنفصل هذه الببتيدات عن بروتينٍ آخر موجود في أغشية الخلايا العصبية. وما إنْ تنفصل هذه الببتيدات، وتتحرك بِحُرّية، حتى تتكتل معًا في تكويناتٍ أكبر حجمًا. وفي حال لم تنجح إنزيماتٌ بعينها في التخلص من هذه التكوينات بالكفاءة الكافية، فإنَّها تتجمع لتكوين ما يُسمَّى

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

"أمّا الرواد القلائل، الذين تناولوا فرضية الميكروبات، ونشروا أبحاثًا في هذا الصدد، فقد قوبلوا إما بالسخرية، أو بالتجاهل".

باللويحات، التي تحفز بدورها حدوث سلسلة قاتلة من التفاعلات؛ فتسبب التهابًا في الخلايا العصبية، وتُنتِج حِزَمًا من البروتينات الليفية اللزجة، تُسمَّى "تشابكات تاو"، وتكون النتيجة هي موت الخلايا العصبية إثر تعرضها لهذه النكبات.

يشير منتقدو هذه الفرضية إلى أنَّ هناك الكثيرين ممَّن لم يعانوا من مرض ألزهايمر، وتبيَّن بعد وفاتهم أنَّ أدمغتهم تحتوي على هذه اللويحات. كما ينوهون أيضًا إلى إخفاق كثيرٍ من التجارب الإكلينيكية للعلاجات المُصمَّمة لإذابة لويحات الأميلويدات، التي لم ينجح أيٌّ منها في إبطاء وتيرة تطوُّر المرض. وفي المقابل، يرد الباحثون المؤيدون للفرضية بأنَّه على الرغم من أن كثافة اللويحات تتفاوت من شخصٍ إلى آخر، فإنَّ كثافة تشابكات تاو التي تنتجها هذه اللويحات ترتبط ارتباطًا وثيقًا بحدة المرض. كما يرون أنَّ إخفاق التجارب الإكلينيكية إنما يُعزَى على الأرجح إلى بدء هذه العلاجات في مرحلةٍ متأخرة من تطور المرض.

ولا تعوزُهم الأدلة القوية الخليقة بتعزيز موقفهم هذا. فهناك صورٌ معينة نادرة وعنيفة من مرض ألزهايمر، تنشأ مبكرًا ما بين سن الثلاثين والستين، وتُصاب بها عائلاتٌ بأكملها تقريبًا، وهذه الحالات المرضية تسببها طفراتٌ في الجينات المنظِّمة عملية إنتاج الإميلويدات، ونشوء الالتهابات الدماغية. وهناك أيضًا الكثير من الجينات الأخرى التي ربط العلماء بينها وبين خطر الإصابة بالنوع الأكثر شيوعًا من المرض، الذي ينشأ في مراحل عمرية متأخرة. وقد رُصد أن العديد من هذه الجينات يُرمِّز بروتيناتٍ تُعَدّ من العوامل التي تدخل في عملية ترسيب الأميلويدات، وبعضها يؤثر على عمليات الجهاز المناعي الفطري، وهي مجموعة من الآليات تنشط بسرعة لمنع انتشار المُمْرِضات في الجسم، وتُحفِّز حدوث الالتهابات.

العوامل المسبِّبة للإصابة بالعدوى

عكف الباحثون الذين يطمحون إلى اختبار صحة فرضية العدوى على البحث عن الميكروبات في أدمغة الآلاف من مرضى ألزهايمر بعد وفاتهم، وقد عثروا بالفعل على ميكروبات في كثيرٍ من هذه الأدمغة. غير أنَّ دو ستروبيه يستدرك قائلًا: "لكنَّ هذه الدراسات تكشف فقط علاقات ارتباط يمكن تأويلها على نحوٍ لا علاقة له بآليات المرض".

تثير هذه الانتقادات حفيظة روث إتخاكي، عالمة الفيزياء البيولوجية بجامعة مانشستر في المملكة المتحدة، التي أفادت في التسعينات بأنَّها قد رصدت النوع الأول من فيروس الهربس البسيط (HSV1) في أدمغة مرضى ألزهايمر بعد وفاتهم[1]. وترى إتخاكي أنَّ وجود الميكروبات داخل الدماغ يدل بالضرورة على أنَّ لها دورًا ما، وتعتقد، ضمن آخرين، بأنَّ ثمة أدلةً مقنعة على أنَّ الفيروسات تؤدي دورًا محوريًّا في الإصابة بمرض ألزهايمر. وتضيف قائلة: "لطالما أقرَّ أغلبنا بما للأميلويدات من دورٍ مهم في تطور مرض ألزهايمر، لكنَّها ليست العمل المسبِّب لنشوء المرض".

وقد طُرِحَت أنواع عدَّة من الميكروبات بوصفها مُسبِّباتٍ للمرض، من بينها ثلاثة أنواع من فيروسات الهربس البشرية، وثلاثة أنواعٍ من البكتيريا، وهي "المتدثرة الرئوية" *Chlamydia pneumoniae*، التي تصيب الرئتين بالعدوى، و"البوريليا البرغدورفيرية" *Borrelia burgdorferi*، المسببة لمرض "لايم" Lyme، وآخرها بكتيريا "وحيدات الخلية البورفيرينية اللثوية" *Porphyromonas gingivalis*، المسببة لأمراض اللثة. ويمكن القول إن أيًّا من العوامل المُعدية، متى كان قادرًا على غزو الدماغ، يمكنه نظريًّا أن يؤدي هذا الدور التحفيزي في نشوء المرض (ومع ذلك، لا توجد أدلة كافية على تمتُّع فيروس "سارس-كوف-2" SARS-CoV-2، المُسبِّب لمرض "كوفيد-19"، بهذه القدرة).

والملاحَظ أن غالبية المجموعات العاملة في هذا المجال لديها ميكروبٌ واحد، تميل إلى اعتباره المسبِّب لمرض ألزهايمر. وقد نُشرت ورقتان بحثيتان مثيرتان للانتباه في عام 2018، تناولتا دور فيروسات الهربس في نشوئه. أعدَّت إحدى هاتين الورقتين مجموعة الباحث جول دادلي، في كلية طب آيكان بمستشفى ماونت سايناي، الواقعة في مدينة نيويورك. تناول هذه الورقة بالتحليل كمياتٍ ضخمة من بيانات الجينات والبروتينات، وبِنى الأنسجة المتاحة في قواعد بيانات مختلفة، استُخلِصَت من قرابة ألفٍ من أدمغة المتوفِّين. وقد بحث الفريق في تلك الورقة عن أيّ شواهد على وجود فيروساتٍ في أنسجة الدماغ، كأجزاء الجينات الخاصة بفيروسات الهربس، أو بروتيناتها، مثلًا. وخلصوا إلى أنَّ مرضى ألزهايمر كانت لديهم مستوياتٌ أعلى من فيروسي الهربس البشريين من نوع "6 إيه" (HHV-6A)، ومن النوع السابع، مقارنةً بالمجموعة الضابطة[2].

وفي مقابل ذلك، أخفق باحثون آخرون في التوصل إلى نتائج دادلي نفسها[3]. من هؤلاء عالِم الفيروسات ستيفن جايكوبسون، الذي يعمل في المعهد الوطني للاضطرابات العصبية والسكتات الدماغية في مدينة بيثيسدا بولاية ميريلاند، الذي عكف فريقه على دراسة عيّنة قوامها أكثر من ألفٍ من أدمغة المتوفين.

وعلى الرغم من ضخامة عدد الأدمغة التي شملتها دراسة دادلي، لم تكشف النتائج التي توصَّل إليها فريقه سوى عن علاقات ارتباط. وإضافة إلى ذلك، فإنَّ مصدر بياناتها يثير الشكوك، حسبما يرى مايكل هينيكا، الباحث في المركز الألماني لأبحاث الأمراض العصبية التنكسية بمدينة بون الألمانية؛ حيث إنّ أدمغة مصابي ألزهايمر تصل إلى حالة متدهورة قبل الوفاة، وتتعرض الأنسجة لمزيدٍ من التحلل قبل التشريح، ولذا، فإنَّ الميكروبات قد تتخللها بسهولة

في الأيام الأخيرة من حياة المريض، أو عقب وفاته. ويُعلِّق هينيكا على ذلك قائلًا: "لا يمكننا طرح كثيرٍ من الافتراضات بشأن نشأة مرضٍ يستغرق تطوره ثلاثة عقودٍ تقريبًا بالاعتماد على مواد مأخوذة من الجسم بعد الوفاة".

وقد نُشِرَت دراسة دادلي هذه في أعقاب دراسةٍ تايوانية أخرى، استغرق العمل عليها عشر سنوات، تابَع خلالها الباحثون أكثر من 8 آلاف شخص، تَبيَّن أنهم مصابون بفيروس الهربس البسيط، وعقدوا مقارنةً بينهم وبين مجموعةٍ ضابطة مؤلَّفة من 25 ألف شخصٍ غير مصابين بالفيروس. وتبيَّن أنَّ أفراد مجموعة المصابين بالهربس يزيد خطر إصابتهم بمرض ألزهايمر بمرتين ونصف المرّة، مقارنةً بالمجموعة الضابطة، غير أنَّ هذه الزيادة تلاشت تقريبًا لدى مَن تلقَّوا علاجًا دوائيًّا مكثفًا[4].

وحتى قبل الرواج الذي شهدَتْه نظرية العدوى في الآونة الأخيرة، كانت احتمالية تسبُّب العدوى في نشوء مرض ألزهايمر تُصادِف هوًى في أوساط الباحثين، إلى الحد الذي دفعهم إلى إطلاق تجربة إكلينيكية لدراستها. ففي عام 2017، شرع فريقٌ بحثيٌّ في جامعة كولومبيا بمدينة نيويورك في اختبار قدرة عقار "فاليسيكلوفير" valacyclovir، المضاد للفيروسات، على إبطاء وتيرة تدهور الوظائف الإدراكية، وتَكَوُّن لويحات الأميلويدات، وذلك في حالة الإصابات الطفيفة بمرض ألزهايمر، التي ثبت بالفحص أيضًا أنَّ لدى أصحابها أجسامًا مضادة لفيروس الهربس البسيط. ومن المتوقع ظهور نتائج تلك الدراسة في عام 2022.

عبء الإثبات

عندما لا تكشف الدراسات المُجراة على البشر سوى علاقات ارتباط، غالبًا ما يتجه الباحثون إلى إجراء التجارب على الحيوانات، بحثًا عن مسبِّبات الأمراض، غير أنَّ النماذج الحيوانية لمرض ألزهايمر ليست مثالية، فالفئران -على سبيل المثال- لا تتكون لديها اللويحات المُميِّزة للمرض مع تَقدُّمها في السن، ما لم يتم تعديلها جينيًّا لإنتاجها، كما في حالة نموذج الفأر المهجَّن جينيًّا 5xFAD، المُستخدَم على نطاق واسع، إذ تظهر لديه خمس طفراتٍ مرتبطة بالمرض في الجينات التي تُرمِّز البروتين المُكوِّن لببتيدات "الأميلويد-بيتا"، وتُرمِّز كذلك أحد الإنزيمات التي تُقطِّعه إلى تلك الببتيدات. وتبلغ القدرة على التعبير عن تلك الجينات لدى هذه الفئران مستوياتٍ فائقة، وتبدأ في تكوين اللويحات حين تبلغ من العمر شهرين فقط.

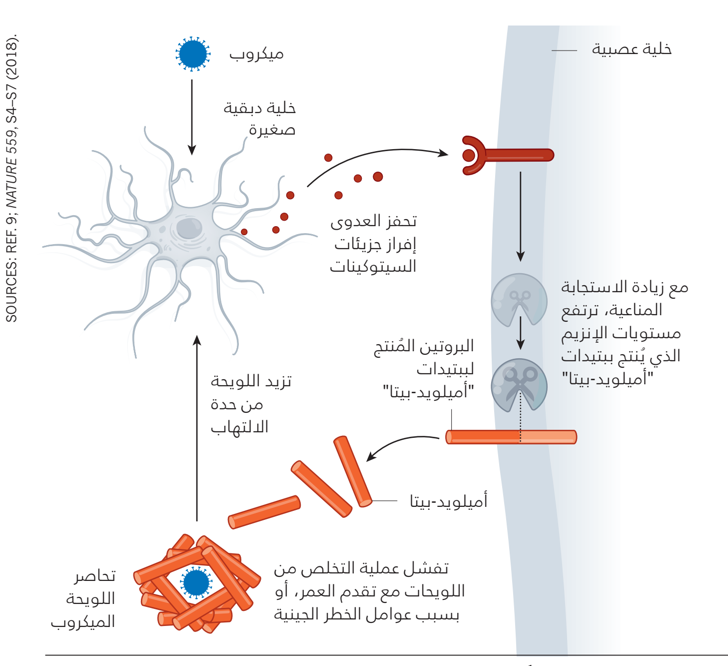
وقد استعان بنموذجَ الفأر هذا رودولف تانزي، اختصاصي علم جينات الجهاز العصبي، ومعه زملاؤه في مستشفى ماساتشوستس العام بمدينة تشارلزتاون الأمريكية، وذلك لدراسة فكرةٍ مستبعَدة خطرت لهم في ظهيرة أحد أيام الجمعة من عام 2008، أثناء تنظيم القسم فعاليةً مُعتادة، تُعرف باسم "ساعة الجعّة"، التي تُعرف في أوساط أعضاء هيئة التدريس والطلاب في المستشفى أيضًا باسم "ساعة تعديل المواقف".

كان تانزي يبحث عن الجينات التي تزيد فرص الإصابة بمرض ألزهايمر في بعضٍ من البيانات الجديدة الخاصة بالجينومات البشرية، حين رصد جينًا يُرمِّز بروتين CD33، الذي يُعبَّر عنه بدرجةٍ كبيرة في الجهاز المناعي الفطري. وعندئذٍ، أصابته الحيرة، وما كان منه إلا أن تَوَجَّه إلى صديقه وزميله، عالِم الأعصاب روب موير، ليسأله عن رأيه في تلك الفكرة الغريبة القائلة إنّ الجهاز المناعي الفطري في استطاعته إنتاج جينٍ يُحتمل أن يكون مسؤولًا عن مرض ألزهايمر.

كان موير حينئذٍ منشغلًا بمطالعة أحدث التطورات في أدبيات علوم الحياة العامة، وصادف ورقةً بحثية تتناول الببتيدات المضادة للميكروبات، التي توجد في كثيرٍ من

طريقة تكوُّن اللويحات بفعل الميكروبات

تتواتر الأدلة على أنَّ العدوى ربما تحفز تراكم لويحاتٍ بروتينية لزجة في الدماغ، فيما يُعَدّ سمةً مميزة لمرض ألزهايمر. وتقول إحدى النظريات التي تسعى إلى تفسير هذه الظاهرة إنَّ الميكروبات تحفز خلايا دماغية، تسمى الخلايا الدبقية الصغيرة، فتثير استجابةً مناعية، وتزيد مستويات إنزيمٍ يساعد على إنتاج بروتينات الأميلويدات، التي تكوِّن اللويحات. وقد تعمل هذه الأميلويدات بمثابة آليةٍ دفاعية، فتلتقم الميكروبات وتُحَيِّدها، لكنَّ فشل الجسم في إزالة الأميلويدات يزيد من حدة الالتهاب؛ مما يؤدي إلى إطلاق حلقةٍ مغلقة من التفاعلات الضارة.



مسارات تأشير المناعة الفطرية، فنادى زميله تانزي، قائلًا: "ألقِ نظرةً هُنا يا صديقي"، وإذا بشاشة حاسوبه تعرض جدولًا يصف الببتيدات، التي كانت جميعًا في الطول نفسه لببتيدات "أميلويد-بيتا"، وتشبهها في بعض خواصها. وعندما سأله موير: "أتظن أنَّ ببتيدات أميلويد-بيتا يمكن أن تكون ببتيداتٍ مضادة للميكروبات؟"، سرعان ما أجابه تانزي بلا تردد: "دعنا نختبر هذه الفرضية!".

اعتنق موير تلك الفكرة المستبعَدة. وعنه يقول تانزي متذكرًا: "كان شديد التعلق بها، ولم يكن ليتخلى عنها قط".

في تلك المرحلة، لم يتوقَّف أحدٌ كثيرًا أمام إمكانية أن يكون لتلك الببتيدات دورٌ محدد خاص بها، رغم كونها من العناصر التي احتفظت بها نسبةٌ كبيرة من أنواع الكائنات الحية المختلفة عبر تطورها، وهو ما يُعَد مؤشرًا قويًّا على أنَّ لها فائدةً بيولوجية، فعُمْر تسلسل هذه الببتيدات لا يقلُّ عن 400 مليون عام، ويوجد لدى حوالي ثلثي الفقاريات. ومن هنا، افترض الفريق أنَّها ربما ليست مجرد عنصرٍ خبيث، بل قد تكون لها وظيفةٌ نافعة، تتمثل في محاصرة الميكروبات التي تصل إلى الدماغ البشري، ومَنْعها من التسبب في إصابته بالأمراض. إنَّ منظومة كهذه خليقة بأنْ تختل مع تقدُّم عمْر الدماغ، وفقدانه القدرة على التخلص بكفاءة من الأميلويدات.

وهكذا، طلب تانزي، الذي كان قد تخصَّص في علم البيولوجيا المجهرية، من إحدى طالباته في مرحلة الدراسات العليا، وتُدعى ستيفاني سوشا، أن تدرس سريعًا ما إذا كانت ببتيدات "أميلويد-بيتا" تستطيع القضاء على ثمانية كائناتٍ دقيقة من مسبِّبات الأمراض الشائعة في أنبوب اختبار، من بينها بكتيريا "المكورة الرئوية" *Streptococcus pneumoniae*، وبكتيريا "الإشريكية القولونية" *Escherichia coli*، أم لا. واكتشفت سوشا أنَّ الببتيدات بإمكانها فعل ذلك، على الأقل بالمستوى نفسه لفعالية الببتيدات المعروفة المضادة للميكروبات.

وسارع الفريق بنشر ذلك الاكتشاف[5] في عام 2010، وقاد موير على مدار السنوات التالية سلسلةً من التجارب الأكثر تعمقًا، لدراسة ما صاروا يُطلِقون عليه فرضية الحماية المضادة للميكروبات، فحقنوا أدمغة فئران النموذج 5xFAD، المكونة للويحات مباشرةً ببكتيريا "السلمونيلا المعوية" *Salmonella typhimurium*، ووجدوا أنَّ الفئران قد صمدت لمدةٍ أطول من الفئران غير المُهجَّنة جينيًّا، التي لا تُكوِّن

أدمغتها اللويحات. وتوصلوا أيضًا إلى نتائج مشابهة في حالة الديدان الأسطوانية، باستخدام فطريات "المبيضة البيضاء" المسببة للأمراض (من نوع *Candida albicans*). وفي كلتا الحالتين، كوَّنت الأميلويدات شبكاتٍ لزجة، أحدقَتْ بمسببات الأمراض وحَيَّدتها[6] (انظر: "كيف يمكن للميكروبات أن تتسبب في نشوء اللويحات").

حوَّل الفريق اهتمامه بعد ذلك صوب فيروسات الهربس، التي عدَّها الباحثون أكثر مسبِّبات الأمراض ارتباطًا بمرض ألزهايمر، فحقنوا أدمغة فئرانٍ صغيرة السن من فئران النموذج 5xFAD بالنوع الأول من فيروس الهربس البسيط، وكرَّروا الأمر ذاته مع أدمغة فئرانٍ طبيعية. وفي غضون ثلاثة أسابيع، انتشرت لويحات الأميلويدات في أدمغة الفئران المُهجَّنة جينيًّا. وعندما كرر الفريق التجربة مستخدِمًا جرعةً قاتلة من الفيروس، عاشت تلك الفئران لمدةٍ أطول من فئران مجموعة الضابطة، وظهرت اللويحات في أدمغتها خلال فترةٍ قصيرة إلى حدٍّ مذهل، لا تزيد على يومين فقط[7]. ويقول تانزي عن ذلك: "لقد كان أمرًا مُدهِشًا".

يُذكر أنَّ هذا النوع من فيروس الهربس واسعُ الانتشار إلى حدِّ أنَّ أكثر من نصف سكان العالم يحملونه في أجسامهم، لكنَّ موير أراد أيضًا أن يختبر آثار فيروس الهربس البشري من النوع السادس (HHV-6)، الذي تحمله نسبةٌ تصل إلى 10% من الأدمغة السليمة، وإنْ كان يوجد فيها في الغالب بمستوياتٍ منخفضة، وتكون له تأثيراتٌ لم يتسنَّ الوقوف عليها. ولأنَّ الفئران تتمتع بمناعة ضد الإصابة بهذا الفيروس، درس الفريق تأثيراته على مزرعةٍ ثلاثية الأبعاد من الخلايا العصبية البشرية، تحاكي بعض جوانب مرض ألزهايمر. عادةً ما تبدأ مثل هذه العضيات الدماغية المُستزرَعة المُصغَّرة في مراكمة لويحات الأميلويدات، وحزم "تشابكات تاو" بعد ستة أسابيع من وجودها في المزرعة، ولكنْ -مثلما لاحظ الباحثون في حالة الفئران- ظهرت اللويحات بعد يومين فقط من إضافة الفيروس[7].

ومضى موير وتانزي في دراسة تأثيرات فيروسات الهربس على تكوُّن حِزَم "تشابكات تاو" في العضيَّات، وما إذا كان بإمكان تلك التشابكات أن تمنع انتشار الفيروسات عبر الخلايا العصبية، أم لا، إلى أنْ وافت المنية موير في شهر ديسمبر من عام 2019، إثر تعرُّضه لأزمةٍ صحية لم تدُم طويلًا، غير أنَّ تانزي أوضح أنَّ مجموعته ماضية في إجراء تلك الأبحاث. ويشير تانزي إلى أنَّ الخلاصة النهائية لتجاربه التي

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أجراها لإثبات الفكرة حتى الآن هي أنَّه "إذا كان دماغ الإنسان معرَّضًا لتكوين ببتيدات "أميلويد-بيتا"، فسوف يصمد بشكلٍ أفضل أمام العدوى". لكنّه يقرّ، في المقابل، بأنَّ طريقًا طويلًا ما زال يفصلهم عن التوصُّل إلى أي دليلٍ فعلي، كأنْ يرصدوا، مثلًا، عدوى ما وهي تُحفِّز عمليةَ ترسُّبِ الأميلويدات لتُسبِّب الإصابة بمرض ألزهايمر. ويضيف قائلًا: "لم نتوصل بعدُ إلى الدليل القاطع". وتابع تانزي موضحًا أنَّ أحدًا لا يعرف حتى الآن ما إذا كانت الخصائص المضادة للميكروبات لدى ببتيدات "أميلويد-بيتا" تُستخدم فعليًّا في إطار عمليةٍ فسيولوجية طبيعية في أجسام البشر، أم لا، وأنَّنا نجهل حجم الدور الذي تلعبه وسط ترسانة الآليات الدفاعية العامة في الدماغ. وقد لا تعدو العدوى كونها عاملًا محفزًا للإصابة بمرض ألزهايمر، أقرب إلى احتكاك عود الثقاب الذي يؤدي إلى اندلاع اللهب، كما هو الحال في الطفرات الجينية النادرة.

وانطلاقًا من إدراك مختبر تانزي لاحتمال خلوِّ جسم المريض عند وفاته من ذلك العامل الغامض الذي يحفز نشوء المرض، أيًّا ما كانت ماهيته، يعكف باحثوه حاليًّا على تطوير تقنياتٍ تهدف إلى عزل اللويحات، بحيث تكون منفصلةً عن بعضها، ثم تحليلها، بحثًا عن أي بقايا للميكروبات عالقة بها. ويصف تانزي هذه العملية بأنَّها شكلٌ من أشكال التنقيب الأثري.

دراساتٌ مُساندة

لم يسعَ أي باحثٍ من خارج فريق تانزي حتى الآن إلى تكرار تجاربه البحثية، ليرى إذا كان سيصل إلى النتائج نفسها، أم لا، لكنْ هناك تجارب أخرى وفَّرت أدلةً ظرفية داعمة لفرضية الحماية المضادة للميكروبات، فعلى سبيل المثال، أثبت العلماء في شركة التكنولوجيا الحيوية "جينينتك" Genentech، الواقعة في مدينة ساوث سان فرانسيسكو بولاية كاليفورنيا الأمريكية، أنَّ هناك طفرةً ترتبط بتراجع خطر الإصابة بمرض ألزهايمر[8]، توجد في جين *PILRA*، الذي يجري التعبير عن بروتيناته في كثيرٍ من الخلايا المناعية. يُنتِج هذا الجين بروتينًا يساعد فيروساتِ الهربس وغيرها على النفاذ إلى داخل الخلايا العصبية، ويعتقد الباحثون أنَّ هذه الطفرة ربما تصدُّ هذه الفيروسات، وتَحُول دون دخولها.

والأدعَى إلى إثارة الاهتمام أن ورقة بحثيةً[9] نُشرت خلال هذا العام، أعدَّها مختبر عالِم البيولوجيا الكيميائية يو-مينج لي، المُلحَق بجامعة كورنيل في مدينة نيويورك، أزاحت الستار عن آلية ربما تربط الالتهابات العصبية بإنتاج ببتيدات "أميلويد-بيتا". فقد وجد فريق لي أنَّ هناك بروتينًا يحمل اسم IFITM3، ينشط عند وصول الفيروسات إلى الدماغ، ويرتبط بواحدٍ من الإنزيمات المنتِجة للأميلويدات، يُسمى "جاما-سيكريتاز" γ-secretase، فيزيد من إنتاجها.

فحص يو-مينج وفريقه عيناتٍ مأخوذة من بنوك الأدمغة، ووجدوا أنَّ مستويات التعبير الجيني في جين *IFITM3* تتزايد مع التقدم في العمر. ورُصد ارتفاعها في أدمغة مرضى ألزهايمر، مقارنةً بالمجموعة الضابطة. وفضلًا عن ذلك، اكتشفوا في التجارب التي أجروها على خلايا دماغية مُستَزرَعة أنَّ جزيئًا مُعزِّزًا للالتهابات يزيد من مستويات كل من بروتين IFITM3، وببتيدات "أميلويد-بيتا"، وهو نوعٌ من السيتوكينات يُسمَّى "الإنترفيرون" interferon (ولاحظوا ذلك في عينات الأدمغة البشرية أيضًا، فمع ارتفاع مستويات بروتين IFITM3، تزداد مستويات الإنترفيرون). وكل ذلك يشير -حسب ما أورده الفريق- إلى أنَّ هذا البروتين ربما يعمل كوسيطٍ في نشوء الالتهابات، وكذلك في عملية إنتاج الإميلويدات.

ويعكف يو-مينج الآن على دراسة إمكانية استخدام بروتين IFITM3 كمؤشرٍ حيوي يساعد على اختيار المرضى الذين يمكن استقدامهم للمشارَكة في التجارب الإكلينيكية للعلاجات أو العقاقير المضادة للالتهابات، التي تستهدف إنزيم "جاما-سيكريتاز". كما ينظر الباحث كذلك في إمكانية استهداف هذا البروتين ضمن جهود تطوير العقاقير.

ويصف دو ستروبيه هذه النتائج بأنَّها "خطوةٌ كبيرة إلى الأمام"؛ بالنظر إلى أنها تُنبئ عن ماهية مراحل العمليات المميزة لكثيرٍ من الأمراض المعقدة، ومنها السرطان. وأوضح أنَّ عملية نشوء مرض ألزهايمر "إمَّا أنْ تحفِّزها الطفرات المسببة للنوع الوراثي منه، التي تؤدي إلى إنتاج مزيدٍ من الأميلويدات، ومن ثم تسبِّب الالتهابات، أو تحفِّزها عدوى ما تسبِّب حالةً من الالتهاب، تؤدي بعد ذلك إلى فرط إنتاج الأميلويدات".

ويرى دو ستروبيه أنَّه لو صح هذا التصور، فربما تترتَّب عليه نتائج مهمة، تتعلق بعلاج مرض ألزهايمر، وذلك لأنَّ تثبيط إنتاج تلك الببتيدات قد يؤدي إلى زيادةٍ مفاجئة في خطر حالات العدوى على الدماغ. ويقول: "لكنَّ هذا الاستنتاج افتراضي تمامًا، ويَعتمِد على مقدار الأهمية التي قد نكتشفها لتلك الببتيدات وسط ترسانة الأساليب الدفاعية العامة للدماغ".

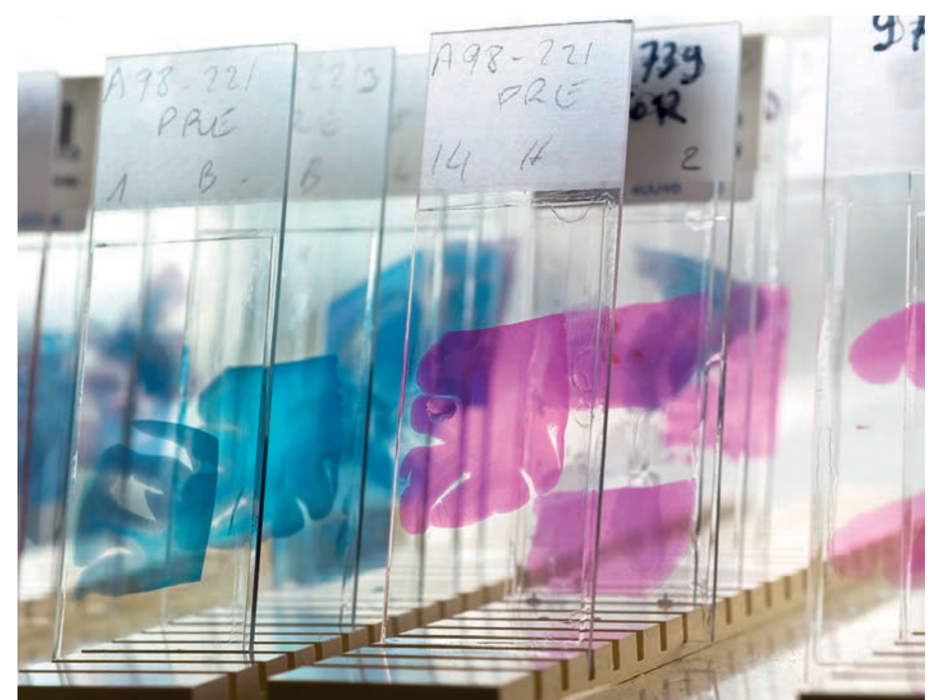
وجدير بالذكر أنَّ الفكرة القائلة إنّ العدوى تؤدي دورًا كبيرًا في الإصابة بمرض ألزهايمر ما زالَت تحوم حولها شكوك قسمٍ من الباحثين. ومن هؤلاء الباحثين جون هاردي، عالِم الأعصاب بجامعة كوليدج لندن، الذي تَقاسَم مع دو ستروبيه، وباحثين آخرين، جائزة "برين" لأبحاث الدماغ في عام 2018، عن جهودهم البحثية في مجال ألزهايمر. ويقول هاردي إنَّه "على استعداد للرهان بمبلغٍ صغير" على صحة نظرية الحماية المضادة للميكروبات، مستدركًا بقوله: "لكنني لا أعتقد أنَّه سيمكن إثباتها، وأظن أنَّه، فيما عدا الجوانب الجينية المتصلة بمرض ألزهايمر، لم يعد هناك سوى القليل من الجوانب التي تظلُّ بحاجةٍ إلى تفسير". كما تقول تارا سبايرز-جونز، عالمة الأعصاب في جامعة إدنبره بالمملكة المتحدة، إنَّه بالرغم من أنَّ البيانات المتاحة حتى الآن لا تستبعد إمكانية أن تكون العدوى مسؤولةً عن بعض حالات ألزهايمر، من خلال تحفيز الالتهابات، فلا يبعُد أن يُعزى المرض إلى الشيخوخة الطبيعية كذلك، مشيرةً إلى أنَّ الشيخوخة هي عامل الخطورة الأكبر في الإصابة بالمرض. وقالت: "رأيي الشخصي أنَّ الالتهاب الدماغي الشامل، المصاحب للتقدم في العمر، هو السبب على الأرجح".

وفي حالة توفُّر النماذج المناسبة، يَعتقِد بعض العلماء أنَّه قد يتسنَّى إثبات نظرية العدوى، حتى مع الأخذ في الحسبان الصعوبة المحتمَلة التي ينطوي عليها تحديد نسبة حالات ألزهايمر التي سببتها الميكروبات. وهذه الاحتمالات الجديدة تثير حماس باحثين، مثل جايكوبسون، الذي يأمل في تطوير نموذجٍ للمرض يَعتمِد على حيوانات قرود القشة، لاختبار صحة نظرية العدوى، على اعتبار أنَّ هذه الرئيسيات الصغيرة تحاكي عملية تطور المرض لدى البشر بدقةٍ أكبر من النماذج الأخرى. كما يعتزم تانزي الاستعانة بنموذجٍ لفأر، قد استُبدلت بجيناته الخاصة بالأميلويدات نظائرها البشرية، بحيث يعبِّر عن ببتيدات "أميلويد-بيتا" البشرية بالمعدلات الفسيولوجية الطبيعية. وهناك خطوةٌ أخرى مهمة، هي أن تَعْمَد مختبراتٌ مستقلة إلى تكرار التجارب، لترى إذا كانت ستتوصل إلى النتائج الحالية نفسها.

أمَّا فيما يخص جائزة نورينز، فقد تَقدَّم أربعون باحثًا حتى الآن بأعمالهم، أملًا في الظفر بالجائزة النقدية حين تُعلَن نتائج المنافَسة في مارس القادم. ولا تخفى جسامة هذه المهمة على نورينز، الذي يصف ذلك الدليل، الذي من شأنه إثبات أنَّ ميكروبًا يتسبب في الإصابة بمرض ألزهايمر، قائلًا إن "العثور على دليلٍ كهذا من أصعب الأمور".

أليسون أبّوت كاتبة تُقِيم في مدينة ميونيخ الألمانية.

1. Jamieson, G. A., Maitland, N. J., Wilcock, G. K., Craske, J. & Itzhaki, R. F. *J. Med. Virol.* **33**, 224–227 (1991).
2. Readhead, B. *et al. Neuron* **99**, 64–82 (2018).
3. Allnutt, M. A. *et al. Neuron* **105**, 1027–1035 (2020).
4. Tzeng, N. S. *et al. Neurotherapeutics* **15**, 417–429 (2018).
5. Soscia, S. J. *et al. PLoS ONE* **5**, e9505 (2010).
6. Kumar, D. K. V. *et al. Sci. Transl. Med.* **8**, 340ra72 (2016).
7. Eimer, W. A. *et al. Neuron* **100**, 1527–1532 (2018).
8. Rathore, N. *et al. PLoS Genet.* **14**, e1007427 (2018).
9. Hur, J.-Y. *et al. Nature* **586**, 735–740 (2020).



PATRICE LATRON/LOOK AT SCIENCES/SPL

في بعض الأحيان، تحتوي عينات الأنسجة الدماغية المأخوذة من مرضى ألزهايمر على ميكروبات.

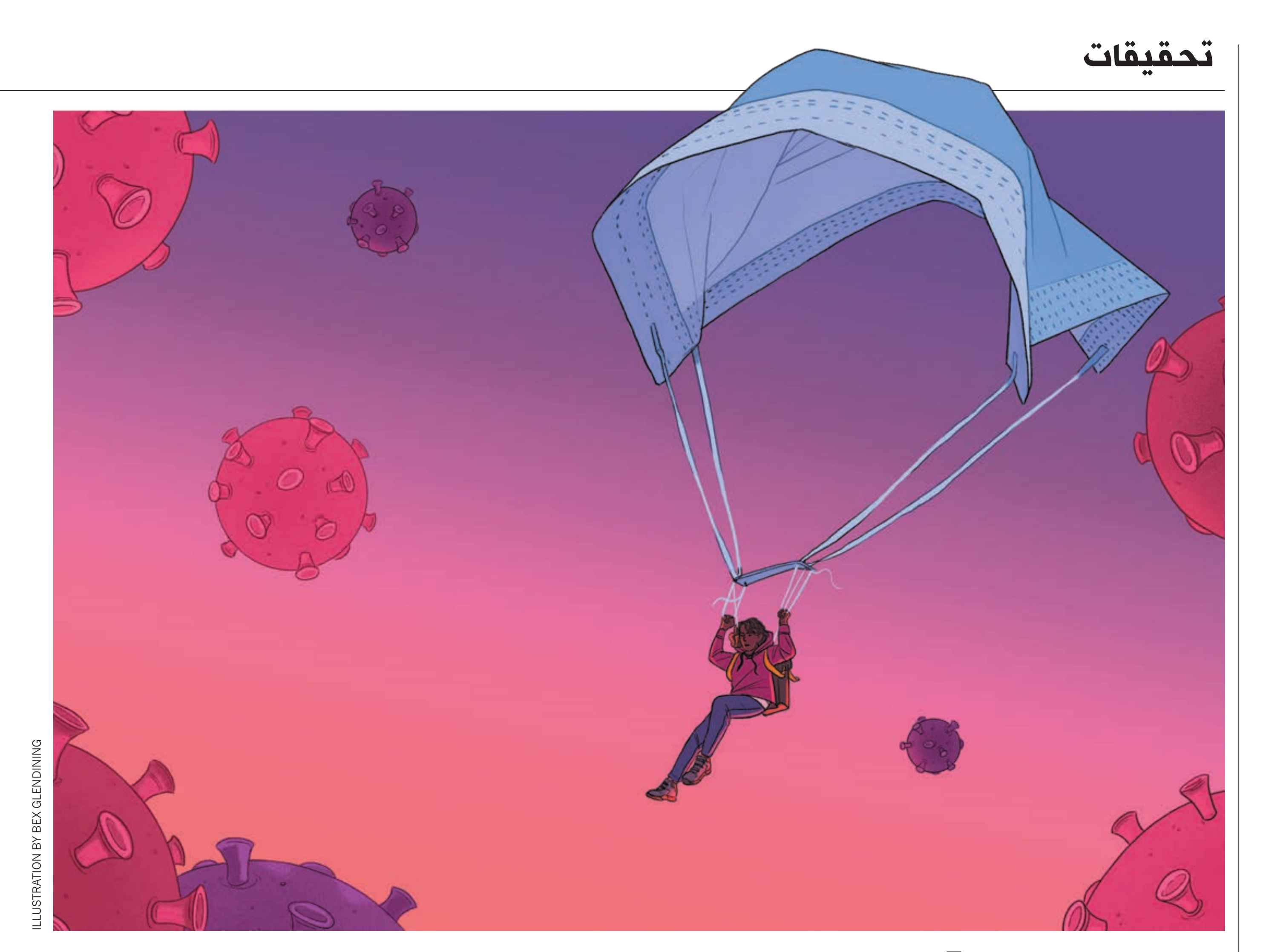


ILLUSTRATION BY BEX GLENDINING

ما تكشفه البيانات المتاحة عن فعالية الكمامات

تدعم الأسانيد العلمية فكرة إسهام الكمامات في إنقاذ حياة البشر. ومع ذلك.. ما زال هناك جدلٌ لا ينتهي حول فعاليتها. فكَمْ نحتاج من الأدلة، كي نحسم هذه المسألة؟

بقلم لين بيبلز

حين اقترح زملاء كريستين بِن الدنماركيون لأوّل مرّة توزيع كماماتٍ قماشية واقية على المواطنين في جمهورية غينيا بيساو، لوقف انتشار فيروس كورونا الجديد في هذا البلد الأفريقي، لم تكن كريستين متيقنةً من جدوى تلك الخطوة. تعمل بِن باحثة متخصصة في الصحة العالمية بجامعة جنوب الدنمارك في كوبنهاجن، وقد شاركت لعقودٍ في قيادة حملات الصحة العامة بهذا البلد الواقع في غرب أفريقيا، الذي يُعَدُّ أحد أفقر دول العالم. وإزاء اقتراح زملائها هذا، قالت: "حسنًا، قد يكون ذلك مفيدًا، لكنَّ البيانات التي تجزم بفعالية الكمامات محدودة".

حدث ذلك في مارس الماضي، لكن بحلول شهر يوليو، كانت بِن وأفراد فريقها البحثي قد توصّلوا إلى طريقةٍ يتسنَّى لهم بها توفير بعض البيانات الضرورية عن الكمامات، ومساعدة الناس في غينيا بيساو كما يأملون. فوزَّع الفريق على المواطنين آلافًا من الكمامات القماشية المصنوعة محليًّا، كجزءٍ من تجربةٍ عشوائية مقارِنة، قد تكون الأكبر على مستوى العالم لاختبار فعالية الكمامات في وقف انتشار مرض "كوفيد-19".

وتُعَدّ الكمامات رمزًا واسع الانتشار لجائحة كورونا الحالية، التي أمرضت 35 مليون شخصًا، وأودت بحياة أكثر من مليون منهم. وفي المستشفيات ومَرافق الرعاية الصحية الأخرى، يحدّ استخدام الكمامات الطبية بوضوح من انتقال فيروس "سارس-كوف-2" SARS-CoV-2 المسبب للمرض. أمّا فيما يخص أنواع الكمامات المختلفة الأخرى التي يستخدمها العامّة، فالبيانات حول فعاليتها مربكة، ومُتباينة، وتُجمَع غالبًا على عجل. أضف إلى ذلك أنَّها محاطةٌ بجدلٍ سياسي محتدم مثيرٍ للانقسام، استخفَّ فيه الرئيس الأمريكي باستخدامها قبل أيّامٍ فحسب من تشخيص حالته هو نفسه بالإصابة بالمرض. وعن ذلك الوضع يقول باروخ فيشهوف، عالِم النفس بجامعة كارنيجي ميلون في مدينة بيتسبرج بولاية بنسلفانيا الأمريكية، المتخصص في السياسة العامة: "إنَّ مَن ينظرون في الأدلَّة يتباين فهمهم لها. الوضع مُربِك حقًّا".

ومنعًا لسوء الفهم، ينبغي أن نوضح أنَّ العِلْم يدعم

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

استخدام الكمامات، وأنَّ الدراسات التي أُجريت مُؤخرًا تشير إلى أنَّ بإمكانها إنقاذ الأرواح بسُبُلٍ شتَّى، إذ توضح الأبحاث أنَّها تُقلِّل فرص انتقال عدوى فيروس كورونا، والإصابة بها أيضًا. كذلك تُلمِح بعضُ الدراسات إلى أنَّها قد تخفف من حدة العدوى، إذا أُصيب الناس بالمرض بالفعل.

ومع ذلك، تصعُب الإجابة بحسمٍ أكبر عن الأسئلة المتعلقة بمدى فعاليتها، أو متى ينبغي استخدامها. فهناك أنواعٌ عديدة منها تُرتَدَى في بيئاتٍ مختلفة. وثمة أيضًا تساؤلاتٌ حول مدى استعداد الناس لارتدائها، أو استعدادهم للقيام بذلك على النحو الصحيح. كما تتعذَّر الإجابة عن التساؤلات المتعلقة بأنواع الدراسات التي قد توُفِّر لنا دليلًا قاطعًا على فعاليتها.

ويُعلِّق فيشهوف على ذلك قائلًا: "إلى أيّ مدى ينبغي أن يكون الدليل قويًّا؟ هذا سؤالٌ جوهري".

فعالية الكمامات العادية غير الطبية

في بداية الجائحة، كان خبراء الطب لا يملكون أي أدلَّةٍ قوية توضح طرق انتشار فيروس "سارس-كوف-2"، ولم تكن لديهم المعرفة الكافية لتقديم توصياتٍ مقْنِعة بشأن الكمامات ضمن توجيهات الصحة العامة.

ومن بين أنواع الكمامات المختلفة، فإنَّ النوع القياسي المُعَد للاستخدام في مَرافق الرعاية الصحية هو قناع التنفُّس "إنْ95" N95، المُصمَّم لحماية مُرتديه عبر ترشيح 95% من الجسيمات التي يحملها الهواء، ويبلغ قطرها 0.3 ميكرومتر فأكثر. ومع تفشِّي الجائحة، سُرعان ما تضاءلت الكمية المتاحة من تلك الأقنعة. وأدّى هذا إلى إثارة السؤال الذي يثير حالةً من الجدل في الوقت الحالي، ألا وهو: هل يتعيَّن على العامّة أن يحرصوا على ارتداء الكمامات الجراحية البسيطة أو القماشية؟ وإذا كان ينبغي لهم ذلك، ففي أي ظروفٍ عليهم أن يرتدوها؟ في هذا الصدد تقول كايت جرابوسكي، خبيرة عِلْم وبائيات الأمراض المعدية بكلية طب جامعة جونز هوبكنز في مدينة بالتيمور بولاية ميريلاند الأمريكية: "هذه هي الأسئلة التي نجيب عليها عادةً في التجارب الإكلينيكية، لكنَّنا ببساطة لم نملك الوقت لإجرائها".

من هنا، اعتمد العلماء على الدراسات القائمة على الملاحظة، وتلك التي تُجرَى في المختبرات للإجابة عن هذا السؤال. وتَرِدنا أدلةٌ غير مباشرة على مدى فعالية الكمامات من الدراسات حول الأمراض المعدية الأخرى. وتقول جرابوسكي عن ذلك: "إذا نظرتَ في أيّ دراسةٍ مُفرَدة، فلن تجد ضالتك بسهولة، لكنْ إذا أخذنا الدراسات كافة في الاعتبار، فأنا على يقينٍ من أنَّنا سنكتشف أن الكمامات مفيدة".

تزايدت الثقة في فعالية الكمامات في شهر يونيو الماضي، مع انتشار أنباءٍ عن اثنين من مُصففي الشعر في ولاية ميزوري الأمريكية، تأكَّدت في الفحوص إصابتهما بعدوى "كوفيد-19"(المرجع 1)، إذ كانا يرتديان كماماتٍ قطنية مزدوجة الطبقات أو كماماتٍ جراحية أثناء العمل. ورغم أنَّهما نقلا العدوى إلى أفراد أسرتيهما، بدا أنَّ زبائنهما لم يُصابوا بالمرض (لكنْ ورد أنَّ أكثر من نصفهم قد رفض إجراء فحوص مجانية). وتجلَّت إشاراتٌ أخرى على فعالية الكمامات من خلال التجمُّعات الكبيرة. ففي أثناء الاحتجاجات التي نظَّمتها حركة "حياة السود مُهمَّة" Black Lives Matter في المدن الأمريكية، كان معظم الحاضرين يرتدون الكمامات، ولم يبدُ أنَّ تلك التجمُّعات قد تسبَّبت في أي زيادةٍ كبيرة في أعداد الإصابات[2]، بيد أنَّ العدوى اجتاحت في أواخر شهر يونيو الماضي معسكرًا صيفيًّا في ولاية جورجيا الأمريكية، لم يُلزَم الأطفال الحاضرون فيه بارتداء الكمامات[3]. بيد أن ثمة الكثير مما يجب أخذه في الاعتبار، فالاحتجاجات المذكورة آنفًا كانت في الهواء الطلق، حيث تقل احتمالية انتشار مرض "كوفيد-19"، بينما كان المشاركون في المعسكر يتشاركون الأكواخ ليلًا، على سبيل المثال. كما أنَّ كثيرين ممن لم يشاركوا في الاحتجاجات لزموا منازلهم خلال التجمُّعات، وربما أسهم ذلك في الحدّ من انتشار الفيروس في المجتمع. ومع ذلك، حسبما يقول ثيو فوس، الباحث المتخصص في السياسات الصحية لدى جامعة واشنطن في مدينة سياتل الأمريكية، فإنَّ الأدلة المَروِيّة "ترسم لنا صورةً عن الوضع".

لقد وفَّرتْ التحليلات الأكثر إحكامًا مزيدًا من الأدلة المباشرة على جدوى الكمامات، إذ أفادت مسودةٌ أولية[4] لدراسة نُشرت في مطلع أغسطس الماضي (لم تخضع بعد لمراجعة الأقران) بأنَّ الزيادات الأسبوعية في معدَّل الوفيّات بالنسبة إلى عدد السكان كانت أقل بأربع مرَّات في المناطق التي اعتاد ساكنوها ارتداء الكمامات، أو التي توصي الحكومات فيها بارتداء الكمامات، مقارنةً بالمناطق الأخرى. وقد نظر الباحثون في تلك الدراسة في بيانات مائتيْ دولة، من بينها منغوليا، التي فرضت ارتداء الكمامات في يناير الماضي، ولم تُسجَّل منذ شهر مايو الماضي أي وفياتٍ ذات صلة بعدوى "كوفيد-19". وتناولت دراسةٌ أخرى[5] الآثار المترتبة على تعليمات حكومات الولايات الأمريكية المُلزِمَة باستخدام الكمامات في شهري إبريل، ومايو. وتشير تقديرات الباحثين إلى أنَّ تلك التعليمات قد خفَّضت مُعدَّل تزايُد أعداد المصابين بعدوى "كوفيد-19" بنسبةٍ تصل إلى 2% يوميًّا. كما يشير الباحثون إلى أنه من المحتمل أنَّ تلك التعليمات قد حالت دون وقوع عددٍ ضخم من الإصابات، يبلغ 450 ألف حالة، بالأخذ في الاعتبار التدابير الأخرى لمكافحة انتشار المرض، مثل التباعد الجسدي.

وتعليقًا على هذه الأدلة، يقول جيريمي هوارد، الباحث العلمي من جامعة سان فرانسيسكو في ولاية كاليفورنيا الأمريكية، الذي شارك في فريق راجَع الأدلة على فعالية ارتداء الكمامات في مسودةٍ أوليةٍ، جرى تداولها على نطاقٍ واسع[6]: "لا تحتاج إلى التفكير كثيرًا لتقول إنَّ ارتداء هذه الكمامات فكرةٌ جيدة بالطبع".

لكنَّ مِثْل هذه الدراسات يعتمد بالفعل على افتراضاتٍ بأنَّ تعليمات ارتداء الكمامات تُنفَّذ في الواقع، وأنَّ الناس يرتدونها كما ينبغي. كما أنَّ فَرْض استخدام الكمامات يتزامن غالبًا مع تغييراتٍ أخرى، مثل فرض القيود على التجمُّعات. وتشير جرابوسكي أنَّه مع إلغاء تلك القيود، قد تبدأ دراساتٌ رصدية أخرى في تمييز تأثير الكمامات عن تأثيرات التدخُّلات الأخرى. وقالت عن ذلك: "سيسهُل حينها رصد تأثيرات كل إجراءٍ على حِدة".

وفي حين يتعذَّر على العلماء أن يأخذوا في اعتبارهم عديدًا من المتغيرات المُربِكة في المجموعات السكانية البشرية أثناء دراسة تلك التأثيرات، فإنَّ ذلك يصبح ممكنًا في الدراسات التي تُجرَى على الحيوانات. ففي تجربةٍ أجراها باحثون بقيادة كووك يونج يون، عالِم البيولوجيا الدقيقة بجامعة هونج كونج، وضع العلماء حيوانات هامستر مصابة بالعدوى، وأخرى غير مصابة في أقفاصٍ متجاورة، وفصلوا بين بعضها بعضًا بحواجز من الكمامات الجراحية. وحسب ورقة الدراسة التي نُشرت في مايو الماضي[7]، ففي غياب هذه الحواجز انتقل فيروس "سارس-كوف-2" إلى حوالي ثلثي الحيوانات التي لم تكن مصابةً بالمرض، مقارنةً بنسبةٍ بلغت فقط حوالي 25% بين الحيوانات المحمية بمادة الكمامات، وكانت الإصابات في الحيوانات المحمية أقل حدةً منها بين الحيوانات التي لم تفصل بينها الكمامات (استنادًا إلى النتائج الإكلينيكية، والتغيرات التي طرأت على أنسجة هذه الحيوانات).

وتوفر تلك النتائج مبرِّرًا للإجماع الذي بدأ يظهر مؤخرًا حول فعالية الكمامات في حماية مُرتديها وغيرهم من الناس أيضًا. وتشير هذه الدراسة كذلك إلى فكرةٍ أخرى قد تقلب الموازين، وهي أنَّ "ارتداء الكمامات ربما لا يحميك من العدوى فقط، بل أيضًا من الإصابة بمرضٍ حاد"، حسبما تقول مونيكا غاندي، طبيبة الأمراض المعدية بجامعة كاليفورنيا في مدينة سان فرانسيسكو.

فقد شاركت غاندي في تأليف ورقةٍ بحثية[8] نُشِرت في أواخر يوليو الماضي، أشارت إلى أنَّ ارتداء الكمامات يقلل كمية الفيروس التي قد يتعرَّض لها مَن يرتديها، وهو ما يخفف حِدة العدوى في حال إصابته، أو حتَّى يجعلها بدون أعراض. وتشير غاندي إلى أنَّ زيادة هذه الكمية تسفِر عن حدوث استجابةٍ التهابية أكثر حِدّة في أجسام المرضى.



لا تحتاج إلى التفكير كثيرًا لتقول إنّ ارتداء هذه الكمامات فكرةٌ جيدة بالطبع".

وتعكف هي وزملاؤها حاليًّا على تحليل مُعدّلات إيداع مرضى "كوفيد-19" في المستشفيات قبل فَرْض ارتداء الكمامات في ألف مقاطعةٍ أمريكية، وبعده أيضًا، لمعرفة ما إذا كانت حدّة المرض قد تراجعت بعد ورود توجيهات بارتداء الكمامات في الأماكن العامة، أم لا.

وحول ذلك، يقول بول ديجارد، عالِم الفيروسات بجامعة إدنبرة في المملكة المتحدة -الذي لم يشارك في البحث- إنَّ فكرة تزايُد حدة العدوى بسبب التعرض لكميةٍ أكبر من الفيروس "منطقية تمامًا، وهي حُجَّةٌ أخرى تدعم استخدام الكمامات".

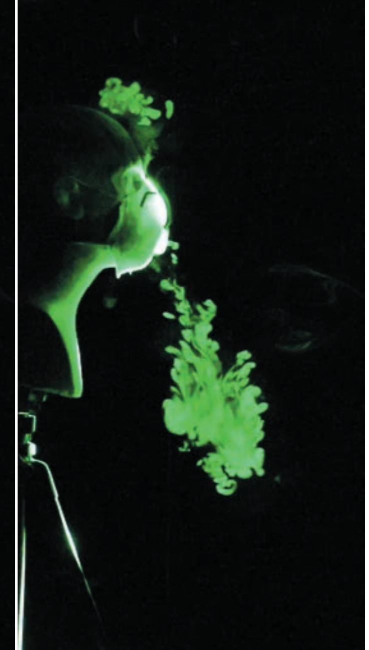
وتشير غاندي إلى فائدةٍ أخرى مُحتمَلة للكمامات؛ وهي أنَّه في حال إصابة عددٍ أكبر من الناس بحالات العدوى الطفيفة، قد يساعد ذلك على تعزيز المناعة على مستوى السكان، دون زيادة العبء الناتج عن حالات العدوى الحادة والوفيات. وتتساءل قائلةً: "بينما ننتظر تطوير لقاحٍ للفيروس، هل يمكن لزيادة نِسَب حالات العدوى عديمة الأعراض أن تساعد على تعزيز المناعة على مستوى السكان؟".

لِنَعُدْ إلى كيفية انتقال العدوى

يرتبط الجدل حول جدوى الكمامات ارتباطًا وثيقًا بسؤالٍ آخر مُثير للجدل، وهو كيف ينتقل الفيروس عبر الجو وينشر العدوى؟

عندما يتنفَّس الإنسان، أو يتكلم، أو يعطس، أو يسعُل، ينطلق منه رذاذٌ دقيق من الجسيمات السائلة، بعضها كبير الحجم، وربما يمكننا حتى رؤيته، ويُشار إليه باسم القُطَيْرات، وبعضها الآخر مجهري، ويُصنَّف كَهَبَاءٍ جوِّي. وتنتقل الفيروسات -مثل "سارس-كوف-2"- على متن تلك الجسيمات، التي يتحدد سلوكها حسب حجمها. فبإمكان القُطيرات الانطلاق سريعًا عبر الهواء، لتسقط على عين شخصٍ قريب، أو على أنفه، أو فمه، لتُصيبه بالعدوى، لكنَّ الجاذبية سرعان ما تسحب ذلك النوع من الجسيمات إلى أسفل. وعلى النقيض، فإنَّ جسيمات الهباء الجوِّي يمكنها أن تَعْلَق في الهواء لفتراتٍ تتراوح بين دقائق وساعات، وتنتشر في أنحاء الغرف عديمة التهوية على غرار دخَّان السجائر.

فما الذي يعنيه ذلك فيما يخص قدرة الكمامات على الحيلولة دون انتشار عدوى "كوفيد-19"؟ إنَّ قُطْر الفيروس نفسه لا يتجاوز 0.1 ميكرومتر، لكنْ نظرًا إلى أنَّ الفيروسات لا تُغادِر جسم الإنسان بمفردها، لا يلزم للكمامات أن تحجب الجسيمات الصغيرة إلى هذا الحدّ كي تتسم بالفعالية. والأهمّ



S. VERMA ET AL./PHYS. FLUIDS

صور بتقنية التَّصوير المُتَقطِّع، تُبيِّن كيفية انتشار القطيرات الناتجة عن سعال شخصٍ يرتدي قناع "إن95"، مزوَّدًا بصمام لطرد هواء الزفير.

هو أنْ تحجب نواقل الممْرضات، كالقُطيرات، أو جسيمات الهباء الجوّي، التي تتراوح أقطارها بين 0.2 ميكرومتر، ومئات الميكرومترات (لتقريب الصورة، يبلغ متوسِّط قُطر الشعرة الواحدة من شعر الإنسان حوالي 80 ميكرومترًا). وأغلب هذه القطيرات والجسيمات يتراوح قطره بين ميكرومتر واحد، و10 ميكرومترات، وبإمكانه البقاء في الهواء لفترةٍ طويلة، حسبما أوضح خوسيه لويس هيمينيز، خبير الكيمياء البيئية من جامعة كولورادو بولدر، الذي أضاف: "وهُنا تنتقل العدوى".

ولم يحسم العلماء بعدُ أيَّ حجم من أحجام الجسيمات هو الأهمّ في انتقال عدوى "كوفيد-19"، وبعضهم لا يتفق حتى مع تعريف الحجم الذي يُفترض أنه يميز جسيمات الهباء الجوي عن غيرها. وللأسباب نفسها، ما زال العلماء يجهلون الوسيلة الرئيسة لانتقال فيروس الإنفلونزا، الذي تناولته الدراسات لفترةٍ أطول بكثير.

كما يعتقد كثيرون أنَّ انتقال العدوى من الحالات عديمة الأعراض هو السبب في قدر كبير من إصابات جائحة "كوفيد-19". ولو صح هذا فقد يعني أنَّ الفيروسات لا تنتقل عادةً مع الجسيمات التي يفرزها السعال أو العطس. وفي تلك الحالة، ربما تكون جسيمات الهباء الجوِّي أهم سُبل انتقال العدوى. ومن ثم، من المهم أن نبحث ما أنواع الكمامات التي يمكنها حجْب تلك الجسيمات.

السر يكمن في نسيج الكمامات

إنّ أقنعة التنفُّس "إن95" التي تتوفر بمقاسات مناسبة تخفق أيضًا بدرجة طفيفة خلال الاستخدام الفعلي في تحقيق نسبة ترشيح الجسيمات المذكورة في تصنيفها، البالغة 95%، إذ تحجب في واقع الأمر حوالي 90% فقط من جسيمات الهباء الجوِّي الواردة، باستثناء تلك التي يقل قطرها عن 0.3 ميكرومتر. وحسب دراسةٍ غير منشورة، فإنَّ أقنعة "إن 95" التي لا تحتوي على صِماماتٍ لترشيح الزفير، أي تلك التي تطرد هواء الزفير دون ترشيحه، تَحجِب نسبةً مشابهة من جسيمات الهباء الجوي الخارجة مع الزفير. كما أنّ المعلومات المتوفرة عن الكمامات الجراحية والقماشية في هذا الصدد أقل بكثير، حسبما أوضح كيفن فينيلي، اختصاصي أمراض الرئة لدى المعهد الوطني الأمريكي لأمراض القلب والرئة والدم، الواقع في مدينة بيثيسدا بولاية ميريلاند الأمريكية.

وخلال مُراجعةٍ[9] لعدة دراسات رصدية، قدَّر فريقٌ بحثي دولي أنّ نسبة فعالية الكمامات الجراحية والكمامات القماشية المكافِئة لها في حماية مَن يرتدونها تَبلغ 67%.

وفي دراسةٍ غير منشورة، وجدت الباحثة لينزي مار، المتخصصة في الهندسة البيئية من معهد فرجينيا للعلوم التكنولوجية والتطبيقية في مدينة بلاكسبِرج الأمريكية، وزملاؤها أنَّه حتى القمصان القطنية بإمكانها حجْب نصف جسيمات الهباء الجوِّي المستنشقة، وقرابة 80% من جسيمات الهباء الجوي الخارجة مع الزفير، التي يبلغ قطرها ميكرومترين. أما جسيمات الهباء الجوّي، التي يبلغ قطرها من 4 إلى 5 ميكرومترات، فتقول مار إنّه يمكن لأي نوع من النسيج تقريبًا أن يحجب أكثر من 80% منها، سواء في الشَّهيق، أم الزفير.

وتضيف أنّ استخدام عدة طبقاتٍ من الأنسجة يوفر فعاليةً أكبر، وكلما كان النسيج مغزولًا على نحوٍ أكثر إحكامًا، كان أفضل في فعاليته. وتوصَّلت دراسةٌ أخرى[10] إلى أنَّ الكمامات التي تحتوي على طبقاتٍ من خاماتٍ مختلفة، مثل القطن والحرير، يمكنها حجْب جسيمات الهباء الجوِّي بفعاليةٍ أكبر، مقارنةً بتلك المصنوعة من خامةٍ واحدة.

وقد تعاونت كريستين بِن مع مهندسين دنماركيين في جامعتها، لاختبار تصميم كِماماتهم القماشية ثنائية الطبقات حسب المعايير نفسها التي تُقيَّم بها أقنعة التنفس المُصمَّمة للاستخدامات الطبّية. ووفقًا لما ذكرته بِن، تبيَّن لهم أنَّ كِماماتهم لم تحجب سوى نسبةٍ تراوحت بين 11، و19% من جسيمات الهباء الجوِّي التي يزيد قطرها على 0.3 ميكرومتر، بيد أنه بالنظر إلى أنَّ العدوى تنتقل على الأرجح من خلال الجسيمات التي لا يقل قطرها عن ميكرومتر واحد، حسبما أوضح كلٌّ من مار وهيمينيز، فإنَّ هذا قد يجعل الفارق الحقيقي في الفعالية بين أقنعة "إن95"، وأنواع الكمامات الأخرى طفيفًا.

كما نُشِرَت دراسةٌ أخرى في شهر أغسطس الماضي[11]، شارك في تأليفها إريك ويستمان، الباحث الإكلينيكي بكلية طب جامعة ديوك الأمريكية، الواقعة في مدينة دورهام بولاية كارولينا الشمالية. وتستعرض هذه الدراسة طريقةً لاختبار فعالية الكمامات، وقد استخدم فيها فريق ويستمان أشعة الليزر، وكاميرات الهواتف الذكية، لمقارنة مدى فعالية 14 نوعًا مختلفًا من الكمامات القماشية والجراحية في حجْب القُطيرات أثناء تَحَدُّث مرتديها. وقال ويستمان عن فعالية أداء الكمامات القماشية والجراحية: "لقد طمأنتني تلك التجربة إلى أنَّ كمامات كثيرة من تلك التي نستخدمها تؤدِّي الغرض منها بالفعل"، لكنْ بدا من التجربة أنَّ أوشحة الرقبة الرقيقة القابلة للتمدد، المصنوعة من البوليستر والألياف اللدنة (السباندكس)، التي يمكن لمُرتديها سَحْبها إلى أعلى لتغطية فمه وأنفه، تُقلِّل، في الواقع، حجم القطيرات التي تَعْبُر أنسجتها. وحول ذلك يقول ويستمان: "قد يكون ذلك أسوأ من عدم ارتداء أيّ شيءٍ على الإطلاق".

وينصح بعض العلماء بعدم المبالغة في أهمية تلك النتائج، المستنِدة إلى تجربةٍ تختبر فعالية الكمامات أثناء تَحَدُّث شخصٍ واحد. بيد أن مار وأفراد فريقها البحثي كانوا من بين العلماء الذين تصدّوا للمسألة بإجراء تجاربهم الخاصة، ووجدوا أنَّ أوشحة الرقبة تحجب أغلب القطيرات كبيرة الحجم. وقد قالت مار عن ذلك إنَّها تُعِدُّ ورقةً عن نتائجها بغرض نشرها.

وعن تلك النتائج المختلفة تقول أنجيلا راسموسن، خبيرة علم الفيروسات بكلية ميلمان للصحة العامة في جامعة كولومبيا، الواقعة بمدينة نيويورك الأمريكية: "ثمة الكثير من المعلومات المتوفرة، لكنْ عند الجمْع بين الأدلة يغدو الأمر صعبًا ومُربِكًا. وحينما تعتمد المسألة على ذلك، نجد أن ثمة الكثير مما ما زلنا نجهله".

السلوك البشري طرف في المعادلة

لا تأتي الإجابة عن الأسئلة حول فعالية الكمامات من علوم البيولوجيا والوبائيات والفيزياء فحسب. ففعاليتها على أرض الواقع تعتمد على عاملٍ جوهري آخر، هو السلوك البشري. وعن ذلك، يقول مايكل أوسترهولم، مدير مركز أبحاث الأمراض المعدية وسياساتها في جامعة مينيسوتا بمدينة مينيابولس الأمريكية: "لا أريد لشخصٍ مُصاب موجود في منطقةٍ مزدحمة أن يشعر بالاطمئنان إلى ارتدائه إحدى هذه الكمامات القماشية".

ولعل من حسن الحظ أنَّ هناك أدلةً أخرى[12] تشير إلى أنَّ ارتداء الكمامات قد يدفع مُرتديها ومَن حوله إلى الالتزام

بدرجة أكبر بالإجراءات الأخرى، مثل التباعد الاجتماعي، إذ ربما تُذكِّرهم تلك الكمامات بمسؤوليتهم المشتركة، لكنَّ هذا يتطلَّب أن يرتديها الناس أولًا.

وفي أنحاء الولايات المتحدة الأمريكية، ظلت نسبة استخدام الكمامات ثابتةً عند 50% تقريبًا منذ أواخر يوليو الماضي. وتُعَدُّ تلك النسبة أكبر بكثير من نسبة الاستخدام التي شهدها البلد خلال شهري مارس وإبريل من عام 2020، والتي بلغت 20% فقط، وفقًا لبيانات معهد تقييم الصحة ومؤشراتها بجامعة واشنطن في مدينة سياتل (انظر: go.nature.com/30n6kxv). وتوقَّعت نماذج المعهد أيضًا أنَّه في الفترة من الثالث والعشرين من سبتمبر 2020، حتَّى الأوّل من يناير من عام 2021، قد يمكن إنقاذ حياة حوالي 100 ألف شخص في الولايات المتحدة، من خلال زيادة نسبة استخدام الكمامات إلى 95%، وهي النسبة المرصودة في سنغافورة، ودولٍ أخرى.

ويقول فوس، الذي أسهم في إجراء هذا التحليل: "نودّ معرفة معلومات أكثر من ذلك بكثير، لكنْ بالنظر إلى أنَّ هذه الكمامات تُعَد حلًّا بسيطًا ومنخفض التكلفة، ويُحتمل أن يكون لها مثل هذا الأثر الكبير، فمَن قد لا يرغب في استخدامها؟".

إنّ موقف العامَّة من الكمامات يزداد ارتباكًا، بسبب بعض الدراسات المثيرة للجدل، وكذلك بسبب الرسائل المُلتبسة التي تصل إليهم، إذ وَجَدَت إحدى الدراسات في شهر إبريل الماضي[13] أنَّ الكمامات ليست فعّالة، ثم سُحِبَت تلك الدراسة في شهر يوليو. ودعمت دراسةٌ أخرى نُشرت في شهر يونيو[14] الماضي استخدام الكمامات، قبل أن يكتب عشرات العلماء خطابًا يهاجمون فيه الوسائل التي انتهجتها هذه الدراسة (انظر: go.nature.com/3jpvxpt)، ويقاوِم مؤلفوها حاليًّا الدعوات إلى سَحْبها. وفي الوقت نفسه، في بداية الجائحة، أحجمت منظمة الصحة العالمية (WHO)، والمراكز الأمريكية لمكافحة الأمراض والوقاية منها (CDC) عن التوصية باستخدام الكمامات على نطاقٍ واسع. ويُعزى ذلك الموقف جزئيًّا إلى تردُّد هاتين الجهتين بعض الشيء بشأن ذلك، تحسبًا لاحتمالية تسبُّبه في نفاد هذه الإمدادات الضرورية لأطقم الرعاية الصحية. وفي إبريل، أوصت مراكز مكافحة الأمراض والوقاية منها بارتداء الكمامات حين لا يكون التباعد الجسدي خيارًا متاحًا، وحذت منظمة الصحة العالمية حذوها في يونيو.

كما أن مواقف القادة السياسيين أيضًا متضاربة، فعلى سبيل المثال، أعرب الرئيس الأمريكي دونالد ترامب عن دعمه لارتداء الكمامات، لكنَّه نادرًا ما يرتديها، حتى إنَّه سخر من خصمه السياسي جو بايدن، لارتدائه الكمامات طوال الوقت، وذلك قبل أيّامٍ فحسب من تأكيد إصابة ترامب شخصيًّا بفيروس كورونا من خلال الفحوص في الثاني من أكتوبر. هذا بينما اتجه زعماء بلدانٍ أخرى حول العالم إلى ارتداء الكمامات منذ بدايات الجائحة، منهم رئيسة سلوفاكيا زوزانا تشابوتوفا، ورئيس وزرائها إيجور ماتوفيتش، ويُقال إنَّهما فعلا ذلك ليقتدي بهما شعبهما.

وكانت الدنمارك واحدةً من آخر الدول التي فرضت على مواطنيها ارتداء الكمامات، إذ ألزمتهم بارتدائها في المواصلات العامة اعتبارًا من الثاني والعشرين من أغسطس، إلا أنَّها حافظت، بوجه عام، على سيطرتها القوية على انتشار الفيروس، من خلال أوامرها المبكرة للناس بالبقاء في منازلهم، وكذلك عبر إجراء الفحوص، وتتبُّع مخالطي المصابين. كما أنَّها في طليعة الدول التي تُجرى فيها أبحاثٌ لدراسة فعالية الكمامات في التصدِّي لعدوى "كوفيد-19"، إذ شهدَتْ اثنتين من التجارب العشوائية الكبيرة المقارِنة. في إحداهما، استعانت مجموعةٌ بحثية بحوالي 6 آلاف مشارِك، وطلبت من نصفهم استخدام الكمامات الجراحية عند الذهاب إلى أماكن العمل. وعلى الرغم من اكتمال الدراسة، يقول توماس بينفيلد، الباحث الإكلينيكي في جامعة كوبنهاجن، وأحد الباحثين الرئيسين في تلك التجربة، إنَّ فريقه ليس مستعدًّا لمشاركة أيّة نتائج.

أمَّا فريق كريستين بِن، الذي يعمل مستقلًّا عن مجموعة بينفيلد، فيعكف حاليًّا على إلحاق حوالي 40 ألف مشاركٍ في دراسته بجمهورية غينيا بيساو، وذلك عبر اختيار نصف الأسر عشوائيًّا لتحصل على كماماتٍ قماشية ثنائية الطبقات، بحيث تُخصَّص كمامتان لكل فردٍ من الأسرة يبلغ عمره عشر سنواتٍ فأكثر. وبعد ذلك سيتابع الفريق جميع هؤلاء الأفراد على مدى عدَّة أشهر، لمقارنة معدلات استخدام الكمامات بمعدلات ظهور الأعراض الشبيهة بأعراض "كوفيد-19". وأشارت بِن إلى أنَّ كل أسرةٍ ستتلقَّى نصائح بشأن كيفية حماية نفسها من المرض، باستثناء الأُسَر التي تشملها مجموعة المقارنة، فهذه لن تتلقَّى أي معلوماتٍ بشأن استخدام الكمامات. ويتوقَّع الفريق إتمام مرحلة إلحاق المشاركين في شهر نوفمبر الجاري.

"لا يمكنك إجراء تجارب عشوائية لدراسة كل شيء، ولا ينبغي لك فِعْل ذلك".

ويقول عدة علماء إنَّهم متحمسون لرؤية نتائج تلك التجربة، لكن يتخوف علماء الآخرون من كَوْن مثل تلك التجارب باهظة التكلفة، وأنَّها ربما تُعَدُّ استغلالًا للمجموعات السكانية المُعرَّضة للخطر. وعن ذلك يقول إريك توبول، مدير معهد سكريبس التطبيقي للبحوث، الواقع في مدينة لاهويا بولاية كاليفورنيا: "لو كان هذا عاملًا مُمْرِضًا أقل خطورة، لكان الأمر رائعًا، إذ لا يمكنك إجراء تجارب عشوائية لدراسة كل شيء، ولا ينبغي لك فعل ذلك"، أو كما يحب الباحثون الإكلينيكيون أن يقولوا أحيانًا إنّ المظلات بدورها لم تخضع قط لتجربة عشوائية مقارِنة.

ومع ذلك، تدافع بِن عن عملها، موضحةً أنَّ مجموعة المقارنة ستستفيد كذلك من المعلومات المتعلقة بمرض "كوفيد-19"، وستحصل على كماماتٍ في نهاية الدراسة. واستنادًا إلى صعوبة تصنيع الكمامات وتوزيعها، تقول إنَّ فريقها لم يكن بأيّ حالٍ من الأحوال "ليتمكن من توزيع كماماتٍ تكفي الجميع في بدء الدراسة"، بل إنّ فريقها، في الواقع، اضطر إلى تصغير نطاق خطته الأصلية، التي كانت تهدف إلى تعيين 70 ألف مشارك. وتأمل بِن أن تعود التجربة ببعض المنافع على جميع المشاركين فيها. وأضافت قائلة: "لكنْ لا ينبغي لأي فردٍ في المجتمع أن يصبح في وضع أسوأ ممَّا كان سيواجهه لو لم نُجْرِ هذه التجربة". وتابعت قائلةً إنّ البيانات الناتجة مِن المفترَض بها أن توفر معلوماتٍ يسترشد بها النِّقاش العلمي الدائر حول العالم.

وفي الوقت الراهن، يرتدي أوسترهولم الكمامات في ولاية مينيسوتا. ومع ذلك فهو يأسف على ما شهِدَتْه المسألة حتى الآن من "افتقارٍ إلى الدقة العلمية". ويقول عن ذلك: "ننتقد الناس طيلة الوقت في الأوساط العلمية لإدلائهم بتصريحاتٍ لا تستند إلى أي بيانات، بينما نفعل هذا كثيرًا في هذه المسألة".

ورغم ذلك، يثق معظم الباحثين في قدرتهم على توفير بعض التوجيهات فيما يتعلق بارتداء الكمامات، فتقول غاندي إنَّ ارتداءها ليس الحل الوحيد، لكنَّها تعتقد "أنَّه ركيزةٌ بالغة الأهمّية للسيطرة على الجائحة"، أو كما يقول ديجارد: "الكمامات فعَّالة، لكنَّها ليست مثالية. لذا.. حافِظْ على تَرْك مسافةٍ بينك وبين الآخرين!".

لين بيلز صحفية علمية تقيم في مدينة سياتل في ولاية واشنطن.

1. Hendrix, M. J., Walde, C., Findley, K. & Trotman, R. *Morb. Mortal. Wkly Rep.* **69**, 930–932 (2020).
2. Dave, D. M., Friedson, A. I., Matsuzawa, K., Sabia, J. J. & Safford, S. *Black Lives Matter Protests, Social Distancing, and COVID-19* NBER Working Paper 27408 (National Bureau of Economic Research, 2020).
3. Szablewski, C. M. *et al. Morb. Mortal. Wkly Rep.* **69**, 1023–1025 (2020).
4. Leffler, C. T. *et al.* Preprint at medRxiv https://doi.org/10.1101/2020.05.22.20109231 (2020).
5. Lyu, W. & Wehby, G. L. *Health Aff.* https://doi.org/10.1377/hlthaff.2020.00818 (2020).
6. Howard, J. *et al*. Preprint at http://doi.org/10.20944/preprints202004.0203.v3 (2020).
7. Chan, J. F. W. *et al. Clin. Infect. Dis.* https://doi.org/10.1093/cid/ciaa644 (2020).
8. Gandhi, M., Beyrer, C. & Goosby, E. *J. Gen. Intern. Med.* https://doi.org/10.1007/s11606-020-06067-8 (2020).
9. Chu, D. K. *et al. Lancet* **395**, 1973–1987 (2020).
10. Konda, A. *et al. ACS Nano* **14**, 6339–6347 (2020).
11. Fischer, E. P. *et al. Sci. Adv.* **6**, eabd3083 (2020).
12. Marchiori, M. Preprint at https://arxiv.org/abs/2005.12446 (2020).
13. Bae, S. *et al. Ann. Intern. Med.* **173**, W22–W23 (2020); retraction **173**, 79 (2020).
14. Zhang, R., Li, Y., Zhang, A. L., Wang, Y. & Molina, M. J. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **117**, 14857–14863 (2020).


UNDERWOOD AND UNDERWOOD/LIFE IMAGES COLLECTION/GETTY

ارتدى لاعبو البيسبول الأمريكيون كماماتٍ خلال المباريات إبان وباء الإنفلونزا في عام 1918.

هل يمكن أن تصبح العضيّات الدماغية المستزرَعة مخبريًّا أدمغة واعية؟

يعكف العلماء على إجراء عددٍ من التجارب التي تثير تساؤلاتٍ حول إمكانية توليد الوعي والشعور مخبريًّا في مجموعات الخلايا والأدمغة المعزولة من أجسام الكائنات الحية، وكيفية اكتشاف هذا الوعي حال وجوده. **بقلم سارة ريردون**

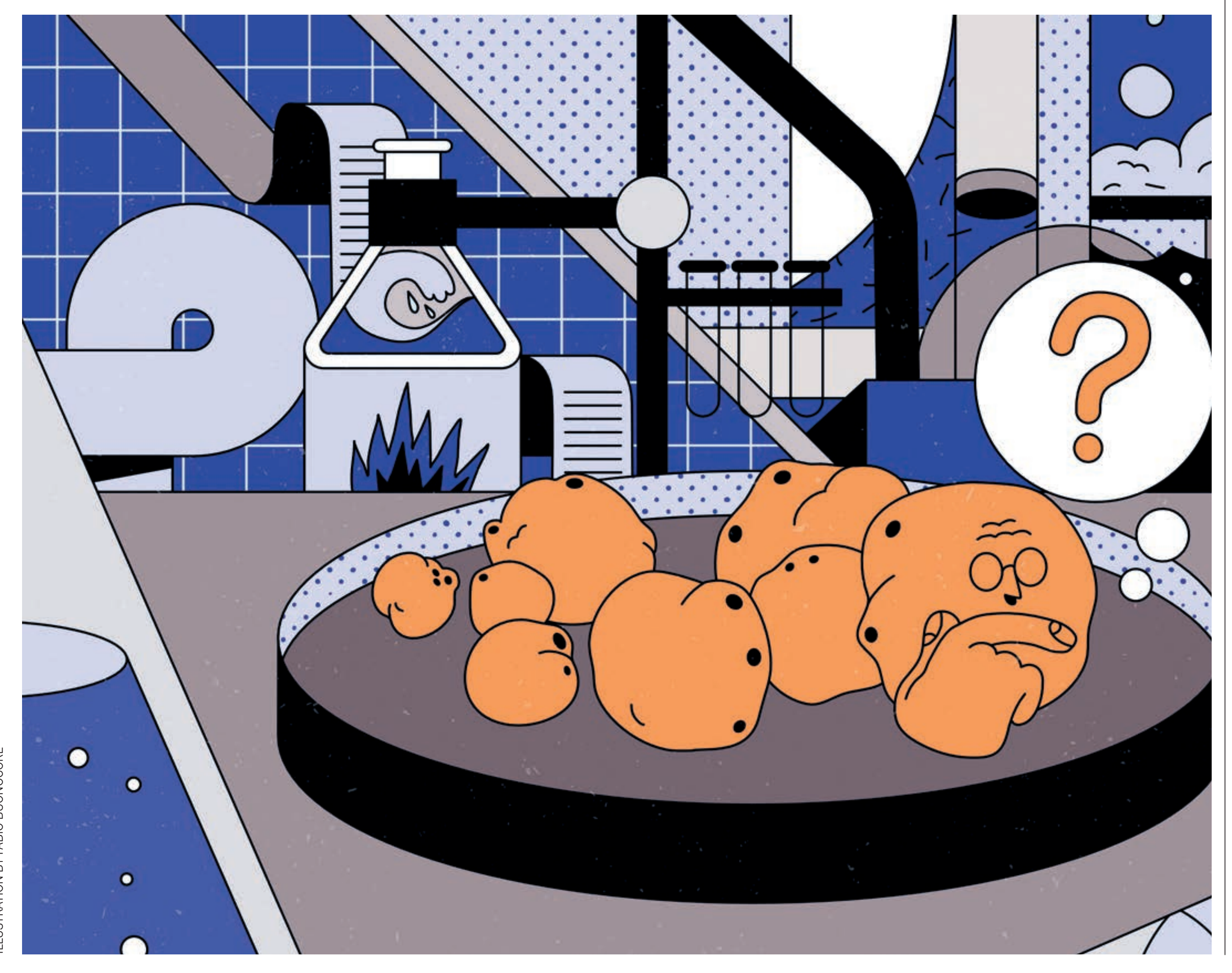


ILLUSTRATION BY FABIO BUONOCORE

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

في مختبر أليسون موتري، عالِم الأعصاب بجامعة كاليفورنيا في مدينة سان دييجو، تطفو في أطباقٍ مخبرية، تُدعى "أطباق بتري" Petri dishes، مئاتٌ من الأدمغة البشرية الضئيلة، في حجم حبَّات السمسم، ومُفعمة بالنشاط الكهربي.

هذه التكوينات الضئيلة، التي تُعرف بالعُضَيَّات الدماغية المُستَزرَعة (brain organoids)، التي يُعتمد في زراعتها على الخلايا الجذعية البشرية، أصبحت عنصرًا ثابتًا ومألوفًا في كثيرٍ من المختبرات التي تُعنى بدراسة خواص الدماغ. وقد اكتشف موتري سُبُلًا غير تقليدية لتوظيف تلك العُضيَّات في مختبره؛ إذ قام بتثبيتها، على سبيل المثال، في روبوتاتٍ جوَّالة، كما عدَّل جينوماتها، مستخدمًا جيناتٍ تخص إنسان النياندرتال، وبعث بها إلى الفضاء، لتستقر على متن محطة الفضاء الدولية، واتخذ منها نماذج لتطوير أنظمة ذكاءٍ اصطناعي أقرب شبهًا إلى البشر. وعلى غرار كثيرٍ من العلماء، اتجه موتري مؤقتًا إلى دراسة مرض "كوفيد-19"، إذ يستعين بالعضيات الدماغية المُستَزرَعة في اختبار أداء العقاقير في مواجهة فيروس كورونا المُسبِّب للمرض، المعروف بفيروس "سارس-كوف-2".

غير أنَّ إحدى تجاربه استرعَتْ اهتمامًا أكبر من غيرها. ففي شهر أغسطس من عام 2019، نشر فريقه ورقةً بحثية في دورية "سيل ستيم سيل" *Cell Stem Cell* -التي تركز على أبحاث الخلايا الجذعية- تفيد بأنه قد تمكَّن من تخليق عضياتٍ دماغية بشرية مُستَزرَعة، ولَّدت موجات منظَّمة من النشاط الكهربي، تشبه الموجات المرصودة لدى الأطفال المُبتَسَرين[1]. وقد استمر نشاط هذه الموجات لأشهر، حتى انتهى الفريق من إجراء التجربة.

ويُعَد هذا النوع من النشاط الكهربي المُنظَّم، الذي يسري في جميع أجزاء الدماغ، إحدى الخصائص المميِّزة للأدمغة الواعية. وقد دفعت نتائج الفريق كلًّا من العلماء والمتخصصين في الأخلاقيات إلى طرح طائفةٍ من التساؤلات الأخلاقية والفلسفية، تدُور في جُملتها حول ما إذا كان ينبغي السماح للعضيات المُستَزرَعة ببلوغ هذا المستوى من النمو المتطور، وما إذا كانت تلك العضيات "الواعية" تتطلَّب معاملةً خاصة، وحقوقًا استثنائية لا تنبغي لمجموعات الخلايا الأخرى، فضلًا عن أسئلة أخرى تتعلق بإمكانية تخليق الوعي من العدم.

والحقُّ أن فكرة تخليق الأدمغة الواعية بذاتها بمعزلٍ عن الجسم الحيّ طالما راودَتْ كثيرًا من علماء الأعصاب والمتخصصين في أخلاقيات البيولوجيا. فقبل بضعة أشهر من إقدام هذا الفريق على نشر دراسته، أعلن فريقٌ بحثي في جامعة ييل، الواقعة بمدينة نيو هافن في ولاية كونيتيكت الأمريكية، أنَّه قد نجح -أو أصاب بعض النجاح على الأقل- في إعادة الحياة إلى أدمغة خنازير قُتِلَت قبل بضع ساعات. فمِن خلال استئصال أدمغة الخنازير من جماجمها، ونقعها في مزيجٍ كيميائي، تمكَّن الباحثون من تنشيط الوظائف الخلوية للخلايا العصبية، واستعادة قدرتها على نقل الإشارات الكهربية[2].

وهناك تجارب أخرى، ومنها المساعي الهادفة إلى إضافة خلايا عصبية بشرية إلى أدمغة الفئران، تثير كذلك عددًا من الأسئلة، إذ يذهب بعضٌ من العلماء والمتخصصين في أخلاقيات البحث العلمي إلى ضرورة حظر مثل هذه التجارب.

كما أثارت هذه الدراسات جدلًا بين فريقين، يرغب أحدهما في حظر تخليق الوعي، بينما يرى الآخر في هذه العضيات المُستَزرَعة المعقدة فرصةً سانحةً لدراسة الأمراض البشرية الفتاكة. فعلى سبيل المثال، يذهب موتري، وغيره كثيرون من علماء الأعصاب، إلى أنَّ العضيات الدماغية البشرية المُستَزرَعة ربما تكون هي السبيل إلى فهم الحالات المرضية التي يتفرد بها البشر، مثل التوحُّد، والفصام، التي تتعذَّر دراستها بالتفصيل من خلال نماذج الفئران. ولتحقيق هذا الهدف، يقول موتري إنَّه وغيره من الباحثين قد يحتاجون إلى تخليق الوعي عمدًا.



إذا كنتَ تعتقدُ أنّ الذباب واعٍ، فمِن الممكن أن تكونَ العضيات المُستَزرَعة واعيةً كذلك".

ومن هذا المنطلق، يدعو الباحثون الآن إلى وضع مجموعةٍ من التوجيهات، تشبه تلك المعمول بها في أبحاث الحيوانات، لتكون دليلًا للاستخدامات البشرية للعضيات الدماغية، وتسترشد بها التجارب الأخرى التي قد تتمكن من تخليق الوعي. وفي شهر يونيو، بدأت الأكاديميات الوطنية الأمريكية للعلوم والهندسة والطب في إجراء دراسةٍ تهدف إلى الوقوف على القضايا الأخلاقية والقانونية الأساسية المحتملة، التي ترتبط ببحوث العضيات الدماغية المُستَزرَعة، وكذلك الكائنات الحية المحتوية على مزيجٍ من خلايا البشر والحيوانات.

وقد سلَّطت المخاوف حيال الأدمغة المستزرَعة مخبريًّا الضوءَ على نقطة أخرى يكتنفها الغموض، وهي أنَّ علماء الأعصاب لا يتفقون على طريقة لتعريف الوعي وقياسه. وفي غياب تعريفٍ مبدئي مناسب، يخشى المتخصصون في الأخلاقيات البحثية من أن يصبح من المستحيل كبح التجارب قبل تجاوُز الحدود.

إنّ التجارب الحالية قد تجعل حسم هذه القضية أمرًا لا مفرَّ منه، فإذا تحقَّق العلماء من تولُّد الوعي في العضيات المُستَزرَعة في إحدى التجارب، فقد يكون عليهم أن يُسارِعوا إلى الاتفاق على نظريةٍ لتفسير كيفية حدوث ذلك، حسبما قال أنيل سيث، المتخصص في علم الأعصاب الإدراكي بجامعة ساسكس، الواقعة بالقرب من مدينة برايتون في المملكة المتحدة. وقد أضاف أنَّه إذا اختلفت النظريات المطروحة حول ما إذا كان الوعي قد تولَّد في تلك العضيات، فمن شأن ذلك أن يُقوِّض الثقة في تحقُّق الأمر. وتابَع بقوله: "تعتمد الثقة -إلى حد بعيد- على النظرية التي نأخذ بها. إنَّها حلقةٌ مُفرَغَة".

حالات واعية

ربما يكون تخليق الأنظمة الواعية أسهل كثيرًا من تعريفها. فالباحثون والأطباء الإكلينيكيون يُعرِّفون الوعي بتعريفاتٍ عدة، ومتمايزة فيما بينها لأسبابٍ شتى، لكن من الصعب جمع تلك التعريفات في تعريفٍ عملي واحد ودقيق، بحيث يمكن اعتماده في توصيف حالة الأدمغة المُستَزرَعة مخبريًّا.

ومن المعلوم أن الأطباء عمومًا يقيِّمون مستوى الوعي لدى المرضى المصابين بحالات غياب الوعي والاستجابة استنادًا إلى اختبار طرف العين، واختبارات الاستجابة للألم أو غيره من المثيرات. وباستخدام قراءات مُخطَّط النشاط الكهربي الدماغي (EEG)، على سبيل المثال، يستطيع الباحثون أيضًا قياس كيفية استجابة الدماغ عند تعريضه إلى نبضةٍ كهربية، حيث إنّ النشاط الكهربي الذي يُرصَد في الدماغ الواعي سيكون غير متوقع، ويتجاوز في تعقيده النشاط المرصود في الدماغ غير الواعي، الذي تتمثل استجابته في توليد أنماطٍ بسيطة منتظمة.

قد لا تكون تلك الاختبارات كافيةً للكشف عن وجود الوعي، أو غيابه. ففي الدراسات القائمة على التصوير الدماغي، التي تُجرَى على المصابين بحالات الغيبوبة، أو غياب الوعي والاستجابة، أثبت العلماء أنَّه في المرضى الذين لا تصدُر عنهم أية استجابة قد يكون مقدار النشاط الدماغي مماثلًا لذلك المرصود في حالة الأشخاص الواعين، كأنْ يُرصَد في أدمغتهم نشاط في المناطق الحركية بالدماغ عندما يُطلَب منهم التفكير في المشي[3].

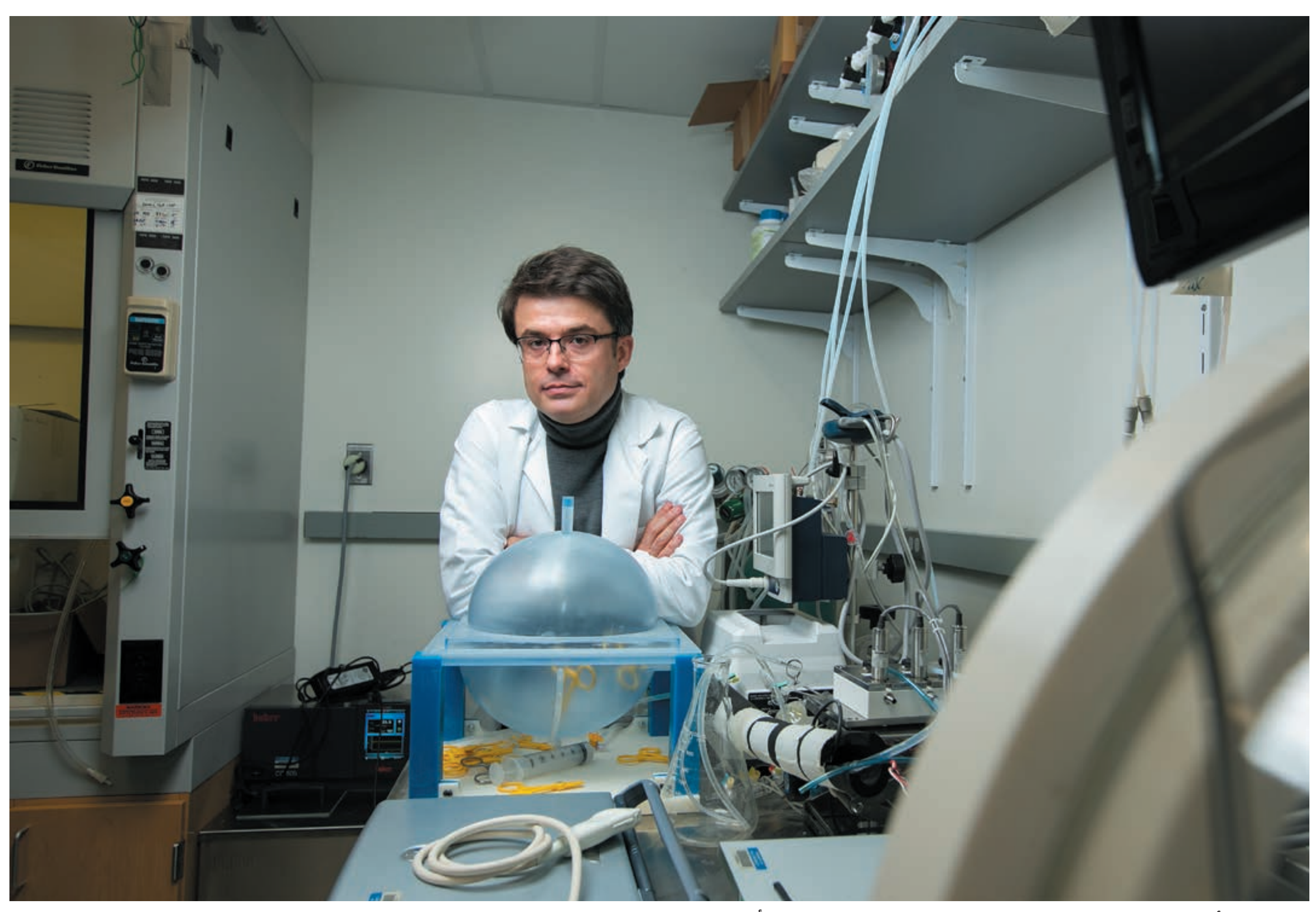
وعلى أي حال، فمِن الصعب تطبيق الاختبارات الطبية المعتادة لقياس الوعي على الخلايا الدماغية المُستَزرَعة في الأطباق المخبرية، أو على أدمغة الحيوانات المنعزلة عن أجسادها. وعندما أشار موتري إلى أنَّ أنماط نشاط عضيَّاته كانت تماثل في تعقيدها ذلك النشاط المرصود لدى الأطفال المُبتسَرين، وقع العلماء في حيرةٍ من أمرهم. فبعض الباحثين يرون أن النشاط الدماغي لدى المُبتسرين ليس معقدًا إلى الحد الذي يسمح باعتباره ضربًا من الوعي. كما أنَّ تلك العضيات ليس في وسعها أن تطرف بعينيها، أو أن تنتفض عند التعرض للألم، ما يعني أنها لن تجتاز الاختبار الإكلينيكي لإثبات وجود الوعي.

وعلى النقيض من ذلك، نجد أن ثمة احتمالًا أكبر لاحتواء الأدمغة السليمة المُستأصَلة من خنازير مقتولة حديثًا على البِنَى اللازمة للتمتُّع بالوعي، فضلًا عن الوصلات العصبية التي كَوَّنَتها ذكريات الخنازير، والتجاربِ التي مرت بها على مدار حياتها. وفي هذا الصدد، قالت جانتين لونسهوف، الفيلسوفة والباحثة المتخصصة في أخلاقيات علم الأعصاب بجامعة هارفارد، الواقعة في مدينة كامبريدج بولاية ماساتشوستس الأمريكية: "عند التفكير في الدماغ الذي يحوي هذا كله، من الصعب تخيُّل أنَّه سيصبح فارغًا. لستُ أعرف مدى قدرة هذه الأدمغة على التفكير، ولكنَّ الشيء المحقَّق أن هذه القدرة غير منعدمة". ولعلَّ من الممكن أن تستعيد الأدمغة الميتة درجة من درجات الوعي، عن طريق إعادتها إلى شكلٍ من أشكال الحياة، مثلما فعل فريق جامعة ييل، رغم أنَّ العلماء بذلوا قصارى جهدهم لتجنب هذا، عبر استخدام عوامل تثبيطٍ كيميائية تَحُول دون حدوث نشاطٍ على مستوى الدماغ بأكمله.

ويتفق الباحثون على أنَّهم بحاجة إلى أخذ الاحتمالات المطروحة في تلك الدراسات بجدِّية. ففي شهر أكتوبر من عام 2019، عقدت جامعة كاليفورنيا -الواقعة في مدينة سان دييجو- مؤتمرًا حضرَتْه نخبة من الفلاسفة والمتخصصين في علم الأعصاب، بالإضافة إلى عدد من الطلاب والمهتمين من عامة الناس، وذلك بهدف وضع مجموعةٍ من المبادئ الأخلاقية الحاكمة للتجارب المستقبلية، ونشر هذه المبادئ، لكنْ تأخَّر نشر ورقة المؤتمر لعدة شهور تأخُّرًا يُعزى في جانبٍ منه إلى عجز عددٍ من مؤلفيها عن الاتفاق على الشروط الأساسية لوجود الوعي.

تعقُّد مطَّرد

ثمة ما يُشبه الإجماع بين العلماء والمتخصصين في أخلاقيات البحث العلمي على أن أحدًا لم يتمكَّن حتى الآن من تخليق الوعي في المختبر، لكنَّهم يتساءلون، في الوقت ذاته، عمَّا يتعيَّن الانتباه إليه عند وضع ذلك الأمر موضع الدراسة، وانتقاء النظرية الأصلح لدراسة هذه الحالة من بين نظريات الوعي المختلفة. وحسب الفكرة التي يُشار إليها بـ"نظرية المعلومات المتكاملة"، على سبيل المثال، يُعرَّف الوعي على أنه ناتجٌ لمدى كثافة الوصلات بين الشبكات العصبية عبر الدماغ، فكلما زاد عدد الخلايا العصبية التي تتفاعل مع بعضها، ارتفعت درجة الوعي (التي تُقاس بالقيمة "فاي" phi)، فإذا كانت تلك القيمة أكبر من صفر، عُدَّ الكائن الحي واعيًا. ووفقًا لهذه النظرية، تصل غالبية الحيوانات إلى هذا


JESSE WINTER FOR *NATURE*

استعان عالِم الأعصاب نيناد سيستان بمنصة "برين إكس" BrainEx، لاستعادة النشاط العصبي في أدمغة الخنازير، بعد استئصالها من الجسم.

المستوى، غير أنَّ كريستوف كوخ، رئيس معهد ألين لعلوم الدماغ الواقع في مدينة سياتل بولاية واشنطن، يشك في بلوغ أيٍّ من العضيات المُستزرعة الحالية هذا الحد، مع إقراره بأنَّ العضيات الأكثر تطورًا قد تنجح في بلوغه.

وهناك نظرياتٌ أخرى في تفسير ظاهرة الوعي، تشترط وجود مدخلاتٍ حسية، أو أنماطٍ منتظمة من النشاط الكهربي في عدة مناطق من الدماغ. ومن هذه النظريات، مثلًا، فكرةٌ تُدعَى "نظرية مساحة العمل الشاملة"، التي تفترض أنَّ القشرة أمام الجبهية في الدماغ تعمل كالحاسوب، فتُعالِج المدخَلات الحسية وتفسِّرها لتوليد الوعي بالذات. وبالنظر إلى أنَّ العضيات المُستَزرَعة لا تملك قشرةً أمام جبهية، ومن ثم لا تستطيع استقبال المدخلات، فليس في إمكانها، وفقًا لهذه النظرية، أن تكون واعية. وعن ذلك تقول مادلين لانكستر، عالمة البيولوجيا النمائية بجامعة كامبريدج في المملكة المتحدة: "ربما تتواصل الخلايا العصبية مع بعضها البعض، ولكنْ بدون المدخلات والمخرجات، وذلك لا يعني بالضرورة أننا بإزاء شيء يشبه التفكير البشري".

أمَّا توصيل العضيات المُستَزرَعة بالأعضاء، فقد لا يكون بالمهمة العسيرة. ففي عام 2019، زرع فريق لانكستر عضياتٍ دماغية بشرية بجوار العمود الفقري وعضلة الظهر لدى أحد الفئران. وعندما اتصلت أعصاب العضية البشرية بالعمود الفقري، بدأت العضلات تتقلص تلقائيًّا[4].

تجدُر الإشارة إلى أن غالبية العضيات المُستَزرَعة تُصمَّم على نحوٍ يتيح إعادة إنتاج جزءٍ واحد فقط من الدماغ، هو قشرة المخ، ولكنْ إذا ما تطورت الخلايا الجذعية البشرية لفترةٍ كافية، مع الاستعانة بالأنواع المناسبة من عوامل النمو، فإنَّها تعيد تلقائيًّا تخليق مناطق كثيرة مختلفة من الدماغ، ثم تبدأ تلك المناطق في تنسيق نشاطها الكهربي فيما بينها. ففي دراسةٍ نُشِرَت عام 2017، عملت باولا أرلوتا، باحثة البيولوجيا الجزيئية بجامعة هارفارد، على تحفيز خلايا جذعية، كي تتطور إلى عضياتٍ دماغية، تتألف من أنواعٍ مختلفة من الخلايا، من بينها خلايا حساسة للضوء، كتلكَ التي نجدها في شبكية العين[5]. وعند تعريض تلك العضيات للضوء، أخذت خلاياها العصبية في توليد نشاط كهربي، لكنَّ نشاط تلك الخلايا لا يعني في حدِّ ذاته أنَّ العضيات تمكَّنت من الإبصار ومعالجة المعلومات البصرية، حسبما أوضحت أرلوتا، وإنما يدلُّ ببساطة على أنَّها قد تمكَّنت من تكوين الدوائر العصبية اللازمة.

والحق أنَّ أرلوتا، ولانكستر يعتقدان أنَّ عضياتهما بدائيةٌ إلى درجةٍ لا تسمح لها باكتساب الوعي، نظرًا إلى افتقارها إلى التكوينات التشريحية اللازمة لإنتاج أنماطٍ معقدة من مخططات النشاط الكهربي الدماغي. ومع ذلك، تقِرّ لانكستر بأنه عند الحديث عن العضيات المُستَزرَعة المتطورة، فإنَّ الأمر يعتمد على تعريف الوعي، موضحةً: "إذا كنتَ تعتقدُ أنَّ الذباب واعٍ، فمِن الممكن أن تكون العضيات المُستَزرَعة واعيةً كذلك".

ورغم ذلك، ترى لانكستر ومعظم الباحثين الآخرين أنَّ احتمال توليد الوعي في أدمغة الخنازير المُعاد تنشيطها أكبر بكثير منه في حالة العضيات المُستَزرَعة. وجديرٌ بالذكر أنَّ الفريق الذي أجرى تجربة أدمغة الخنازير، بقيادة عالِم الأعصاب نيناد سيستان، لم يكن يسعى إلى تخليق الوعي، وإنَّما إلى اكتشاف طرقٍ جديدة لإعادة الحياة إلى أعضاء الجسد. وقد تمكن باحثو الفريق بالفعل من توليد نشاطٍ كهربي في خلايا عصبية مفردة، أو مجموعاتٍ من الخلايا، مع الحرص على محاولة تجنُّب توليد موجاتٍ واسعة النطاق من النشاط الدماغي. ومع ذلك، فعندما رصد فريق سيستان ما بدا أنه نشاط كهربي دماغي منتظم في أحد الأدمغة، تم تعليق المشروع على الفور. وحتى بعدما أكّد أخصائي في علم الأعصاب أنَّ النمط المرصود لا يتفق مع ظاهرة الوعي، خَدَّر الفريق الأدمغة كإجراءٍ وقائي.

ولم يكتفِ سيستان بذلك، إذ تَواصَل مع هيئة معاهد الصحة الوطنية الأمريكية (NIH) لأَخْذ المشورة في كيفية مواصلة التجربة. وعليه، أسندَتْ الهيئة تقييم عمله إلى لجنة أخلاقيات علم الأعصاب التابعة لها، التي تضم لونسهوف وإنسو هيون، العالِم المتخصص في أخلاقيات أبحاث البيولوجيا بجامعة كايس ويسترن، الواقعة في مدينة كليفلاند بولاية أوهايو، واتفقت اللجنة على أنَّ سيستان ينبغي أن يستمر في تخدير الأدمغة، لكنَّها لم تستقر على إرساء قواعد توجيهية أكثر شمولًا، كما أنَّها لا تشترط عادةً تقييم مقترحات تجارب العضيات المُستَزرَعة من منظور مجال أخلاقيات أبحاث البيولوجيا، لاعتقاد أعضائها أنَّ نشوء الوعي أمرٌ مستبعَد. زِد على ذلك، أنَّ الهيئة لم تتوصل بعدُ إلى تعريفٍ للوعي. ويُعلِّق هيون على هذا بقوله: "الأمر يتسم بدرجة عالية من السيولة، فلكلٍّ تعريفه الخاص. وإذا لم يكن واضحًا أنَّنا نتحدث عن الشيء ذاته، فإنَّ هذا يضعنا أمام مشكلة كبيرة، تعوق التقدم في النقاش الدائر".

تعريفات غامضة

يرى البعض أنَّه لا جدوى أساسًا من محاولة تعريف الوعي في أيٍّ من أشكال الأدمغة المحفوظة في المختبرات. وفي هذا الصدد، يقول ستيفن لوريز، عالِم الأعصاب بجامعة

لييج في بلجيكا، وأحد أوائل مَن وضعوا بعض المقاييس القائمة على التصوير الدماغي لتقدير درجة الوعي في حالات غياب الوعي والاستجابة: "من المستحيل أن نقول شيئًا ذا بال حول ما قد يُمكن أن تفكر فيه تلك المجموعات من الخلايا الدماغية أو تدركه، نظرًا إلى أننا لا نفهم الوعي، فحبَّذا لو نتحلَّى بشيء من التواضع". وأشار إلى ضرورة توخِّي الحرص الشديد لدى إجراء الأبحاث القادمة.

ويرى لوريز وآخرون أنَّ الأمر في حالة العضيات المُستَزرَعة يختلف على الأرجح اختلافًا كبيرًا عنه في حالة الأطفال المُبتَسَرين، وكذلك عن البشر البالغين والخنازير، ومن ثم فلا وجهَ مباشرًا للشبه بين هذه الحالات. وإضافة إلى ذلك، فإنَّ التكوينات الموجودة في العضيات المُستَزرَعة قد تكون من صغر الحجم بحيث لا يكون في الإمكان قياس نشاطها بدقة، ولا يبعُد أن تكون التشابهات بين أنماط مخططات النشاط الكهربي الدماغي الخاصة بها، وتلك الخاصة بالأطفال المُبتَسَرين وليدة الصدفة. ويتفق علماء آخرون، من المعنيين بدراسة تلك العضيات، مع رأي لوريز القائل إنّ السؤال عمَّا إذا كان أي نظامٍ ما واعيًا، أم لا، قد يكون سؤالًا عصيًّا على الإجابة، بل إنَّ الكثيرين يتجنبون التعرُّض لهذا السؤال من الأصل. فعلى سبيل المثال، يقول سيرجيو باسكا، عالِم الأعصاب بجامعة ستانفورد في ولاية كاليفورنيا الأمريكية: "لستُ أدري لِمَ علينا أن نسعى إلى طرح سؤال كهذا، فهذا النظام ليس دماغًا بشريًّا. صحيحٌ أن هذه العضيات مكوَّنة من خلايا عصبية يَسري فيها نشاطٌ كهربي، لكنْ علينا أن نفكر بعناية في كيفية المقارنة بينهما."

أمَّا موتري، فيريد لعُضيَّاته أن تشبه الأدمغة البشرية حقًّا، على الأقل في بعض النواحي، كي يتمكن من دراسة الأمراض البشرية، ويتوصَّل إلى علاجاتٍ لها. ودافعه في ذلك شخصي، فابنه البالغ من العمر 14 عامًا مصابٌ بالصرع والتوحُّد، و"يعاني بشدة في حياته"، حسب وصفه. كما أنَّ استخدام العضيات الدماغية المُستَزرَعة يُعَد نهجًا واعدًا، لأنَّها تحاكي المراحل المبكرة للوصلات العصبية الدماغية، التي تتعذر دراستها أثناء نمو الجنين البشري، غير أنَّه يرى أن دراسة أمراض الدماغ البشري، دون أن يكون بين أيدينا دماغ يعمل بكامل وظائفه، أشبه بدراسة بنكرياسٍ لا يُنتِج الإنسولين، مضيفًا : "لكي أتمكن من بلوغ هذا الهدف، أحتاج إلى نموذجٍ للعضيات الدماغية يشبه حقًّا الدماغ البشري. وقد أحتاج إلى عضيةٍ قادرة على اكتساب الوعي".

> **"إذا لم يكن واضحًا أنَّنا نتحدث عن الشيء ذاته، فإنّ هذا يضعنا أمام مشكلة كبيرة، تعوق التقدم في النقاش الدائر".**

وفيما يتعلق بالسؤال حول التعريف الذي ينبغي اعتماده لحسم ما إذا كانت العضيات قد اكتسبت الوعي، أم لا، يرى موتري أنَّه لا توجد له إجابةٌ قاطعة. وأضاف أنه في مرحلةٍ ما، ربما تتمكن العضيات من مساعدة الباحثين على الإجابة عن الأسئلة المتعلقة بآلية توليد الوعي في الدماغ. فعلى سبيل المثال، يعمل جابرييل سيلفا، عالِم الرياضيات بجامعة كاليفورنيا في سان دييجو، على دراسة النشاط العصبي في عضيات موتري، لوضع خوارزميةٍ لتوصيف كيفية نشوء الوعي في الدماغ[6]. ويكمُن الهدف من وراء مشروعه، الذي تشارك في تمويله شركة "ميكروسوفت"، في تطوير نظامٍ اصطناعي يعمل بصورةٍ شبيهة بالوعي البشري.

وفي الوقت الحالي، لا توجد قواعد تنظيمية في الولايات المتحدة أو أوروبا تمنع الباحثين من تخليق الوعي. وتعتزم لجنة الأكاديميات الوطنية إصدار تقريرٍ في أوائل عام 2021، يستعرض أحدث الأبحاث، ويقرر ما إذا كنا بحاجةٍ إلى قواعد تنظيمية. كما يعتزم أعضاء اللجنة تناوُل الأسئلة المتصلة بعددٍ من القضايا، مثل مدى ضرورة الحصول على موافقة الشخص، قبل الإقدام على زراعة عضياتٍ دماغية من خلاياه، وكيفية دراسة العضيات، والتخلص منها بطريقةٍ إنسانية. كما تعمل الجمعية الدولية لأبحاث الخلايا الجذعية على وضع إرشاداتٍ خاصة ببحوث العضيات المُستَزرَعة، لكنَّها لن تتناول مسألة الوعي، لاعتقادها أنَّ العِلْم لم يبلغ بعدُ هذه المرحلة.

ويقول هيون إنَّ لجنة أخلاقيات عِلْم الأعصاب، التابعة لمعاهد الصحة الوطنية الأمريكية، لم تطَّلِع حتى الآن على أي مقترحاتٍ تتعلق بتخليق عضياتٍ مُستَزرَعة معقدة واعية، ومن ثمَّ تتطلب وضْع قواعد إرشادية جديدة. كما صرَّح موتري بأنَّه لم يسمع بوجود باحثين آخرين يقصدون إلى تخليق عضياتٍ مُستَزرَعة واعية، رغم أنَّ العضيات المُستَزرَعة المعقدة بدرجةٍ كافية قد تصل إلى حالة الوعي عَرَضًا، حسب بعض التعريفات.

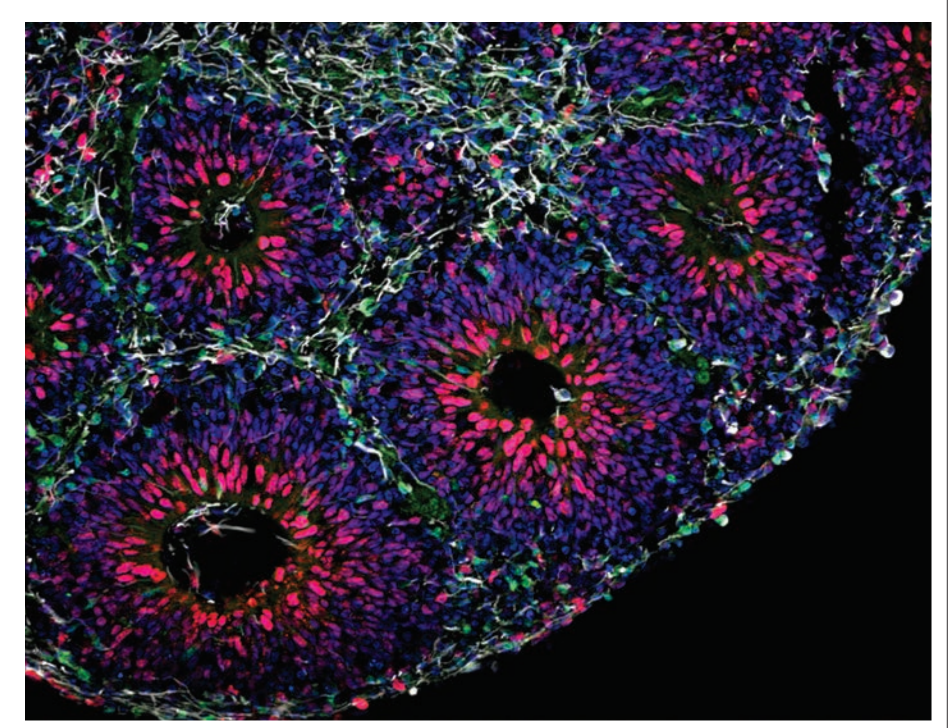
ومع ذلك، عبَّر موتري وباحثون آخرون عن ترحيبهم بوضع بعض القواعد الإرشادية. وقد تتضمن تلك القواعد اشتراط تقديم العالم تفسيرًا لاختياره عدد العضيات الدماغية البشرية المُستَزرَعة التي يستخدمها، وقصر استخدامها على الأبحاث التي لا يمكن إجراؤها بأي طريقةٍ أخرى، ومراعاة الحدّ من الألم الذي قد يعرضها له، فضلًا عن التخلص منها بطريقةٍ إنسانية.

إنّ إلمام الباحثين بتلك التوجيهات مقدمًا من شأنه أن يُعِينهم على تقدير تكاليف تخليق الأنظمة الواعية، والفوائد التي يمكن أن تُجنَى من وراء ذلك. ويؤكد كثيرٌ من الباحثين على أنَّ تلك التجارب يمكنها أن تمدّنا بمعلوماتٍ مهمة، ومن هؤلاء لانكستر، التي تقول: "هناك بشرٌ واعون، يعانون أمراضًا عصبية عصيَّة على العلاج. وإذا تقرَّر وقْف كل هذه البحوث، لا لشيءٍ إلا للتفكير في هذه الأسئلة الفلسفية الافتراضية، فإنَّ المتضررين هم الأشخاص الحقيقيون، الذين يحتاجون إلى علاجاتٍ جديدة".

ومن المُمكن أيضًا اختبار العلاجات على العضيات الدماغية المخلَّقة باستخدام خلايا جذعية لفئران، أو على النماذج الحيوانية المعتادة. كما قد تسترشد النقاشات الدائرة حول الاستخدام الأخلاقي للعضيات البشرية المُستَزرَعة بتلك التجارب. وعلى سبيل المثال، يرغب هيون في أن يعكف باحثون على المقارنة بين أنماط مخططات النشاط الكهربي الدماغي للعضيات الدماغية المُستَزرَعة لفئران، وتلك الأنماط الخاصة بالفئران الحية، إذ من شأن هذا أن يوضح مدى دقة محاكاة العضيات البشرية المُستَزرَعة للدماغ البشري.

ويرى موتري، من جانبه، أنَّ استخدام العضيات البشرية المُستَزرَعة لا يختلف كثيرًا عن الاستعانة بفئران المختبرات، ويقول: "إننا نستخدم نماذج حيوانية واعية في أبحاثنا، ولا نجد في ذلك مشكلة. نحن بحاجة إلى المضيّ قُدُمًا في هذه الأبحاث، وإذا تَبيَّن أنَّ هذه العضيَّات قادرة على اكتساب الوعي، فالحق أنني لا أرى في ذلك مشكلة كبيرة".

سارَة ريردون مراسِلة حرة، تقيم في مدينة بوزمان بولاية مونتانا الأمريكية.



MUOTRI LAB/UNIV. CALIFORNIA SAN DIEGO

أثناء نمو العضيات الدماغية البشرية المُستَزرَعة، تتحول الخلايا قبل العصبية (باللون الأحمر) إلى خلايا عصبية (باللون الأخضر)، وتتصل ببعضها البعض على هيئة شبكات (باللون الأبيض).

1. Trujillo, C. A. *et al. Cell Stem Cell* **25**, 558–569 (2019).
2. Vrselja, Z. *et al. Nature* **568**, 336–343 (2019).
3. Monti, M. M. *et al. N. Engl. J. Med.* **362**, 579–589 (2010).
4. Giandomenico, S. L. *et al. Nature Neurosci.* **22**, 669–679 (2019).
5. Quadrato, G. *et al. Nature* **545**, 48–53 (2017).
6. Silva, G. A., Muotri, A. R. & White, C. Preprint at biorXiv https://doi.org/10.1101/2020.07.28.225631 (2020).

تعليقات



TONY KARUMBA/AFP VIA GETTY

ممرِّضة متطوّعة تُجري تقييمًا لزائرة في مركز صحّي في نيروبي يُدرِّب العامّة على أساليب الوقاية من العدوى.

لقاحات "كوفيد-19": كيف نضمن الوصول إليها في إفريقيا

جون إن نكينجاسونج، ونيكيز إندِمبي، وأكونا تشانجِلا، وتاجودين راجي

يجب ألّا يُعيد التاريخ نفسه.. والتعاون الدوليّ والقارّي أساسيّان

شهد شهر سبتمبر الماضي إطلاق تجربة كبرى هدفها الإسراع من تطوير لقاحات "كوفيد-19"، وضمان توزيعها توزيعًا عادلًا بين البلدان ذات الدخل المرتفع والدخل المنخفض على حدٍّ سواء.

يُعرف هذا الجهد الجديد بالثناء بمبادرة إتاحة لقاحات "كوفيد-19" على الصعيد العالمي "كوفاكس" COVAX، وتقودها منظمة الصحة العالمية، والائتلاف المعنيّ بابتكارات التأهّب لمواجهة الأوبئة CEPI، والتحالف العالمي من أجل اللقاحات والتمنيع "جافي" GAVI. واعتبارًا من 1 أكتوبر، كانت 167 دولة قد وقّعت هذه المبادرة، وهو ما يمثِّل ثلثي سكان العالم تقريبًا. وتوضح جافي أنَّ دولًا أخرى أعربت عن رغبتها في الانضمام إلى المبادرة.

تضم "كوفاكس" عدَّة لقاحات لا تزال في مرحلة الاختبار، وتهدف إلى ضمان إتاحة اللقاحات التي تثبت فاعليتها، وفي إطار المبادرة، ستحصل الدول الفقيرة على ما يكفي من اللقاحات لحماية العاملين بالمجال الصحّي إضافةً إلى نسبة 20% من سكانها الأكثر عرضة للإصابة.

رغم ذلك، هناك من الأسباب ما يدعو إفريقيا للقلق. فقد وقَّع عديد من البلدان ذات الدخل المرتفع عقودًا مع شركات فردية لشراء لقاحات محدّدة. عقدت الولايات المتحدة، على سبيل المثال، صفقات تزيد قيمتها على 6 مليارات دولار أمريكي مع عديد من الشركات. ويشير تحليل أجرته منظمة "أوكسفام"

الخيرية الدولية إلى أنَّه حتى حال نجاح اللقاحات الخمسة الأكثر تقدمًا، لن تتوافر لقاحات تكفي معظم سكان العالم حتى عام 2022.

لقد شهدنا تنافسًا للحصول على الأدوية من قبل، مثلما حدث مع فيروس نقص المناعة البشرية المكتسبة "الإيدز" HIV، وفيروس إنفلونزا الطيور H5N1 على سبيل المثال، إذ كان ينتهي الحال بإفريقيا في نهاية قائمة الانتظار كلّ مرة. لكنّ الاقتصاد العالمي يعتمد على القارّة بسبب صادراتها من المواد الخام، والغذاء، والطاقة، والعمالة.

هذه التجربة، إضافةً إلى حقيقة أنَّ أمراضًا مُعدية أخرى سوف تظهر لا محالة، يُحتِّمان على إفريقيا وجود استراتيجية منسَّقة لتطوير اللقاحات وتمويلها وتصنيعها وتوصيلها إلى جميع أنحاء القارة. وعلى مدار الشهور القليلة الماضية، كانت المراكز الإفريقية لمكافحة الأمراض والوقاية منها Africa CDC، وهي المؤسسة التي نعمل فيها ومقرّها أديس أبابا، تعمل على تطوير هذه الاستراتيجية بالتعاون مع عدد من القادة من الاتحاد الإفريقي ومجال الصحة العالمية.

نستعرض في ما يلي الإجراءات التي يجب القيام بها.

التعلّم من التاريخ

دخلت العقاقير المضادة للفيروسات الرجعية والمستخدمة في علاج فيروس نقص المناعة البشرية المكتسبة إلى السوق في منتصف تسعينات القرن العشرين. في ذلك الوقت، كان أحدنا، وهو جون نكينجاسونج، يعمل في ساحل العاج، ضمن مشروع تابع للمراكز الأمريكية لمكافحة الأمراض والوقاية منها، هدفه مكافحة فيروس نقص المناعة البشرية المكتسبة في الدولة، دون الوصول إلى الدواء. فالأسعار التي وضعتها الشركات لهذه العقاقير جعلتها صعبة المنال. وفي حين انخفضت أعداد الوفيات في الدول الغنية، تُرِك المصابون بالمرض في إفريقيا فريسةً للموت (انظر الشكل "تُركوا ليموتوا"). وتشير التقديرات إلى أنه في الفترة ما بين 1997 و2007، لقي 12 مليون إفريقي حتفهم في انتظار وصول ما يكفي من العقاقير التي قد تُنقذ حياتهم إلى القارة. ويعود الفضل الأكبر في وصول هذه العقاقير إلى جهود "خطة الرئيس الأمريكي الطارئة للإغاثة من الإيدز" PEPFAR، والصندوق العالمي لمكافحة الإيدز والسُّل والملاريا.

عام 2004، ظهر فيروس إنفلونزا الطيور H5N1 شديد الإمراض من جديد، معزِّزًا المخاوف بشأن تحوّله إلى جائحة عالمية شاملة[1]. فشلت المفاوضات التي كانت تُجريها منظمة الصحة العالمية من أجل مشاركة جرعات من أحد اللقاحات المحتملة وتخزينها. وفي مرحلة ما، بلغ التوتر أشدّه حتى إنَّ إندونيسيا رفضت مشاركة عيّنات من فيروس H5N1 كانت ضرورية لعمليات الرصد. وبعد خمس سنوات، ظهرت سلالة أخرى من الإنفلونزا الوبائية هي إنفلونزا الخنازير H1N1، وتعاقدت الدول الغنية على طلبات شراء مسبقة كبرى للقاح؛ ما جعلها تشتري جميع اللقاحات المحتمل تصنيعها تقريبًا. وَعَد عديد من هذه الدول بالتبرع باللقاحات في إطار خطط تُشرف عليها منظمة الصحة العالمية والأمم المتحدة، لكنها نكثت بوعدها بعد ذلك، أو آثرت توفير احتياجاتها من اللقاح قبل الدول الأخرى.

في وقت سابق من هذا العام، استُبعِدت إفريقيا من سوق التشخيص لمرض "سارس-كوف-2"، غير أنَّ هذا الوضع يشهد تحسّنًا الآن. كان نقص المواد أكبر العقبات أمام مكافحة الجائحة على مستوى القارة في بادئ الأمر[2]. ولهذا أطلقت المراكز الإفريقية لمكافحة الأمراض والوقاية منها في شهر أبريل "شراكة الإسراع من فحوص كوفيد-19" PACT. أُعِد برنامج التدريب، وأجرى الفنيّون في إفريقيا الآن ما يزيد على 14.5 مليون فحص "كوفيد-19". وبدأت بعض الدول مثل كينيا وإثيوبيا ونيجيريا والمغرب والسنغال وجنوب إفريقيا تصنيع أدوات الفحص. ووقت كتابة هذا المقال، فإن إثيوبيا في طريقها لإنتاج ما يقرب من 10 ملايين من أدوات فحص "تفاعل البلمرة المتسلسل" PCR سنويًّا لاستخدامها على مستوى قارّة إفريقيا. ورغم أن هذا العدد أقل بكثير من احتياجات القارّة، فهو أكبر بكثير مما بدا ممكنًا عند إطلاق "شراكة الإسراع من فحوص كوفيد-19".

التكلفة والنطاق

تَعِد مبادرة "كوفاكس" بتحقيق النفع لقارّة إفريقيا وعديد من الأشخاص في قارّات أخرى، إذ تسعى لتمكين البلدان ذات الدخل المنخفض من الوصول العادل إلى مجموعة متنوعة من اللقاحات المحتملة بأسعار مدعومة إلى حد كبير. وهذا التعاون والتضامن الدولي أمر محمود وضروري.

من الضروري أيضًا الاستعداد لإجراء الفحوص والشراء والتوصيل على مستوى إفريقيا بالكامل. فقارّة إفريقيا، كأي قارّة أخرى، تحتاج إلى لقاح سهل المنال لإنقاذ حياة الفئات الأكثر عرضة للإصابة من سكّانها وصحّتهم، والحفاظ على التنمية الاقتصادية. وحتى 1 من أكتوبر الماضي، كان أكثر من 1.4 مليون فرد قد أُصيبوا بمرض "سارس-كوف-2" في إفريقيا، ما أسفر عن حدوث أكثر من 36,000 حالة وفاة. ومع استمرار مرض "كوفيد-19" في الانتشار، سيفقد أشخاص آخرون -يُقدَّر عددهم بالآلاف- حياتهم. أيضًا تشير تقديرات البنك الدولي إلى انخفاض معدلات النمو الاقتصادي في إفريقيا جنوب الصحراء الكبرى من 2.4% عام 2019 إلى ما بين 2.1%- و5.1%- عام 2020، وهو أوَّل كساد تشهده المنطقة منذ 25 عامًا. وعلاوةً على جائحة فيروس كورونا، يعاني عديد من البلدان الإفريقية من أسوأ هجوم جراد على مدار 50 عامًا، وهناك توقّعات بحدوث جفاف شديد شرق إفريقيا. ويمكن للقاح "كوفيد-19" أن يخفف على الأقل من وطأة هذا الوضع المتأزم.

لتحصين 60% من سكان القارّة (وهو الحد الأدنى المطلوب لتحقيق مناعة القطيع[3])، ستحتاج إفريقيا إلى نحو مليار ونصف جرعة لقاح (لأن تعدادها السكاني يبلغ 1.2 مليار نسمة، ومعظم اللقاحات المرشّحة تتطلّب الحصول على جرعتين). تُقدَّر تكلفة اللقاح وبناء الأنظمة والهياكل اللازمة للتوصيل بما يتراوح بين 7 و10 مليارات دولار أمريكي، وفقًا للمراكز الإفريقية لمكافحة الأمراض والوقاية منها. ولأغراض المقارنة، بلغت ميزانية خطة الرئيس الأمريكي الطارئة للإغاثة من الإيدز 6.9 مليار دولار أمريكي عام 2020.

هذا المستوى من التحصين يفوق بكثير المستوى الذي كان مطلوبًا في المنظومة الناجحة التي حصّنت الأطفال ضد مجموعة من الأمراض، إلى أن عصفت الجائحة بهذه المنظومة. وتتضمن هذه الأمراض الدرن والدفتيريا والتيتانوس والسعال الديكي وشلل الأطفال والحصبة والتهاب الكبد الوبائي "ب" والحمى الصفراء وعدوى المستدمية النزلية *Haemophilus influenza* (التي قد تسبب عدوى خطيرة في الدم أو في بطانة الدماغ والنخاع الشوكي). وقد وفّر برنامج التحصين الموسَّع التابع لمنظمة الصحة العالمية ملايين من جرعات اللقاح للأطفال في إفريقيا منذ عام 1977. ورغم ذلك، لم يُنفَّذ أي برنامج على هذا النطاق قطّ للبالغين.

ثمة حاجة إلى إعداد نهج منسَّق يشمل إفريقيا بالكامل، لتطوير أحد لقاحات "كوفيد-19" وشرائه وتوفيره ونشره، وهو أمر لا بدّ أن يحدث الآن. سوف يتطلّب نجاح هذا النهج التعاون بين القادة السياسيين في القارّة وقادة بعض الجهات مثل منظمة الصحة العالمية، وتحالف "جافي"، والائتلاف المعني بابتكارات التأهّب لمواجهة الأوبئة، والهيئات التنظيمية، والشركاء المنفِّذين، والجهات المانحة، والقطاع الخاص.

في يونيو الماضي، عقدت مفوضية الاتحاد الإفريقي والمراكز الإفريقية لمكافحة الأمراض والوقاية منها مؤتمرًا افتراضيًّا حضره أكثر من 3,000 من القادة السياسيين والخبراء الفنيين الذين ناقشوا الاحتياجات اللازمة لتوفير لقاح "كوفيد-19" وسبل وضع استراتيجية على مستوى القارة. وفي أغسطس، صدَّق مكتب رؤساء دول الاتحاد الإفريقي وحكوماته على الاستراتيجية المقدّمة من المراكز الإفريقية لمكافحة الأمراض والوقاية منها، مؤكدًا كيف أنَّ التجارب السابقة في مجال الصحة العالمية تحتّم اتخاذ إفريقيا خطوات حاسمة وفعّالة وجماعية من أجل توفير اللقاحات والأدوية التي تسهم في إنقاذ الأرواح.

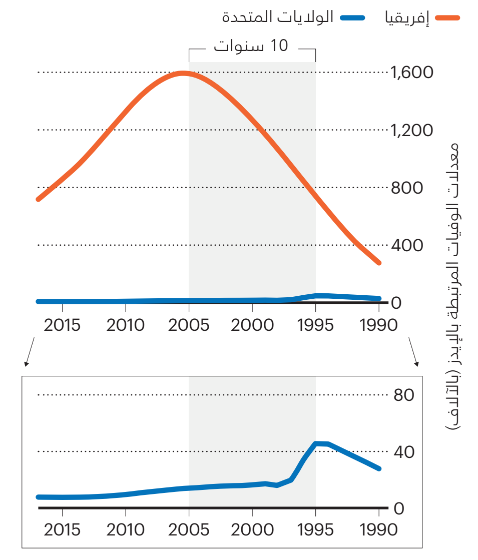
ثلاث ركائز

تتضمَّن هذه الاستراتيجية ثلاث ركائز؛ أولها التعجيل بمشاركة إفريقيا في عملية التطوير السريري للقاح. والركيزة الثانية ضمان حصول إفريقيا على حصة كافية من اللقاحات المتاحة عالميًّا، أما الثالثة فتتمثل في تذليل العقبات أمام نشر اللقاح واستخدامه على نطاق واسع في جميع أنحاء إفريقيا.

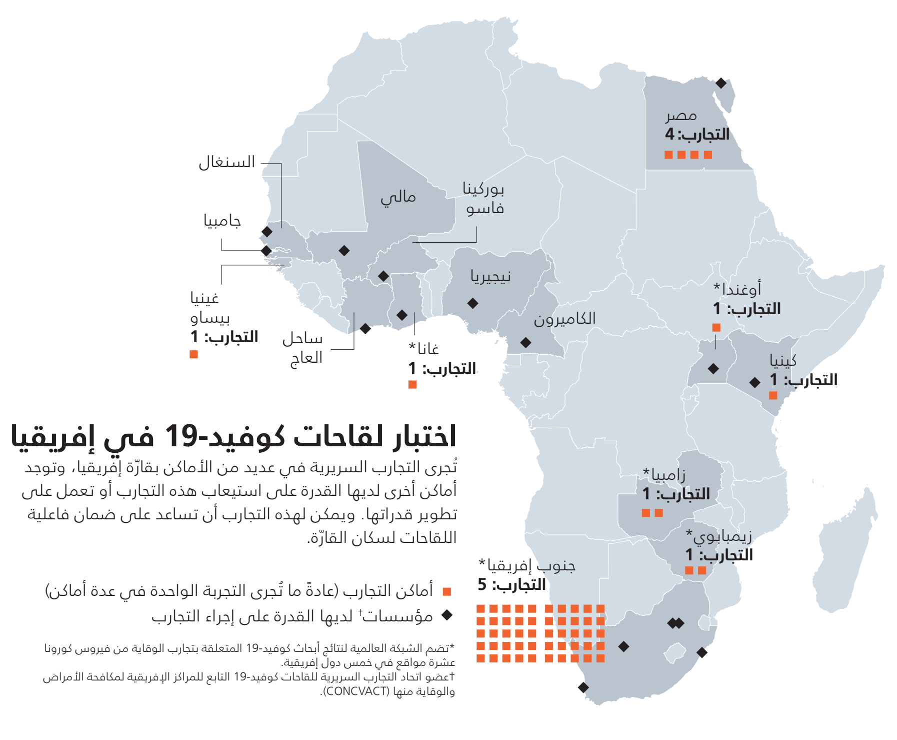
التجارب في إفريقيا. الوسيلة المُثلى لضمان أمان اللقاحات وفاعليتها لسكان إفريقيا، اختبارها داخل إفريقيا، التي لديها بالفعل تاريخ طويل من المشاركة في التجارب السريرية. في يوليو الماضي، شكّلت المراكز الإفريقية لمكافحة الأمراض والوقاية منها "اتحاد التجارب السريرية للقاحات كوفيد-19" CONCVACT، الذي حدَّد قائمة بالمواقع التي يمكن اختبار اللقاحات فيها على البشر (انظر "اختبار لقاحات "كوفيد-19" في إفريقيا" ومعلومات تكميلية)، والذي يعمل حاليًّا

تُركوا ليموتوا

حين طُرحت عقارات علاج فيروس نقص المناعة البشرية المكتسبة في منتصف تسعينات القرن العشرين، واصلت معدلات الوفيات المرتبطة بالمرض ارتفاعها في إفريقيا، لكنها شهدت انخفاضًا حادًّا في الولايات المتحدة. ولم تنخفض معدلات الوفيات في إفريقيا قبل مرور عقد من الزمان.



SOURCES: UNAIDS/US CDC



اختبار لقاحات كوفيد-19 في إفريقيا

تُجرى التجارب السريرية في عديد من الأماكن بقارّة إفريقيا، وتوجد أماكن أخرى لديها القدرة على استيعاب هذه التجارب أو تعمل على تطوير قدراتها. ويمكن لهذه التجارب أن تساعد على ضمان فاعلية اللقاحات لسكان القارّة.

■ أماكن التجارب (عادةً ما تُجرى التجربة الواحدة في عدة أماكن)
◆ مؤسسات† لديها القدرة على إجراء التجارب

*تضم الشبكة العالمية لنتائج أبحاث كوفيد-19 المتعلقة بتجارب الوقاية من فيروس كورونا عشرة مواقع في خمس دول إفريقية.
†عضو اتحاد التجارب السريرية للقاحات كوفيد-19 التابع للمراكز الإفريقية لمكافحة الأمراض والوقاية منها (CONCVACT).

على التوسّع في البنية الأساسية، مثل توفير مزيد من التدريب على المعايير الدولية، بما في ذلك الممارسات السريرية الجيدة وتشكيل هيئات مراجعة مستقلة. ويعمل الاتحاد أيضًا على تيسير الشراكات والتنسيق بين مطوّري اللقاحات، ومواقع التجارب السريرية في إفريقيا، والجهات المانحة والمموِّلة، بما في ذلك منظمة الصحة العالمية، وبرنامج "شراكة البلدان الأوروبية والبلدان النامية في مجال التجارب السريرية".

التمويل والتصنيع. يجب توفير خيارات تمويل جديدة لدفع مليارات الدولارات اللازمة للقاحات "كوفيد-19"، بما في ذلك الدفعات المقدَّمة واللازمة لضمان التوريد. وقد تعهّد البنك الإفريقي للاستيراد والتصدير بتوفير إطار لتمويل اللقاحات لإفريقيا، وهو ما سيتيح الشراء الجماعي للإمدادات الطبية ودعم تصنيع اللقاحات. وسوف تصدر الدول سندات إذنية للبنك الإفريقي للاستيراد والتصدير، بما يوفر ائتمانًا متجددًا بقيمة 4 مليارات دولار أمريكي لدعم الطلبات من الموردّين الأفارقة المعتمَدين من المراكز الإفريقية لمكافحة الأمراض والوقاية منها.

إذا اقتضت الحاجة الحصول على لقاح "كوفيد-19" سنويًّا، فإن عملية استيراده قد لا تكون موثوقة أو ممكنة، لا سيِّما إذا كان اللقاح سائلًا (ومن ثَمّ ثقيلًا) أو كان يتطلّب التخزين في مكان بارد. لا تزال القدرة على تصنيع اللقاحات في إفريقيا في مهدها، لكنها ممكنة. فالسنغال وجنوب إفريقيا تنتجان لقاحات بالفعل لبعض الأمراض، مثل الحمى الصفراء والدرن. ورغم أنَّ هذه اللقاحات تُصنَّع باستخدام تقنيات مختلفة عن تلك التي ستُستخدم على الأرجح في تصنيع لقاحات "كوفيد-19"، لا يختلف أسلوب التفكير والتدريب المطلوب في الحالتين. وربما تتمكَّن "جالف ميد" GALVMed، وهي منظمة عالمية تركز على إنتاج لقاحات الماشية ولديها مقرات في كينيا والهند والمملكة المتحدة، من الاتجاه نحو تصنيع اللقاحات البشرية. وقد حدَّدنا حتى الآن ثماني شركات أو منظمات في عدّة بلدان إفريقية بمقدورها أن تطمح إلى إعادة تنظيم عملياتها من أجل تصنيع لقاحات فعلية لمرض "كوفيد-19"، ونعمل الآن مع تلك الجهات لتقييم الاحتياجات اللازمة في ما يتعلق بنقل التكنولوجيا وتمويل المشروعات وتوسيع النطاق.

طرح اللقاح والحصول عليه. سوف تحتاج الدول الإفريقية إلى آلية فعّالة لتسريع ترخيص السوق للقاحات آمنة وفعالة ضد مرض "كوفيد-19". ويعمل "اتحاد التجارب السريرية للقاحات كوفيد-19" على إيجاد طريقة للتنسيق بين قرارات الهيئات التنظيمية على مستوى الدول والعمليات العالمية (مثل برنامج التأهيل المسبق التابع لمنظمة الصحة العالمية) والتعجيل بطرح اللقاح على مستوى القارة. ومن المرجَّح أن ينطوي ذلك على تحديد أحكام تعويضية للمُصنِّعين ووضع نظام تيقُّظ دوائي لرصد الآثار الضارّة والتواصل مع الهيئات التنظيمية الوطنية.

فور اعتماد أحد اللقاحات، ستكون هناك حاجة إلى إعطائه للسكان. وأنظمة التحصين الحالية في إفريقيا مُصمَّمة إما لتلقيح الأطفال، وإما لاتّباع نهج "التطعيم الحَلَقي" لعائلات المصابين بأمراض مثل إيبولا، وجيرانهم وزملائهم في العمل. ولتحصين 60% من سكان إفريقيا، يجب تغيير الأنظمة الحالية لتخدم أعدادًا كبيرة من البالغين، مع التركيز على الفئات السكانية الأكثر عُرضة للإصابة، وعدم إهمال تطعيم الأطفال.

أنشأت المراكز الإفريقية لمكافحة الأمراض والوقاية منها، بالشراكة مع جهات أخرى، "منصة الإمدادات الطبية الإفريقية"، وهي منظومة لتنسيق عمليات الشراء يمكن تعديلها لتُطبَّق على توزيع اللقاح. ومن خلال العمل مع القادة الوطنيين، وظَّفنا آلاف العاملين في مجال صحة المجتمع وفرق الاستجابة لحالات الطوارئ على مستوى القارة، لإدارة استراتيجية الفحص والتتبع والعلاج. وسوف يدعم هؤلاء جهود التحصين في الدول الأعضاء في الاتحاد الإفريقي، وتدريب الآخرين على المهمة نفسها. ومن المهام الأخرى المخوَّلة إليهم، العمل مع أنظمة التوزيع الحالية لإيصال اللقاح بكفاءة. على سبيل المثال، توجد زجاجات كوكاكولا المبرّدة في أبعد المناطق بإفريقيا، ويجب على المنظومة الصحية أن تتعلم من -بل وتتعاون مع- هذه المنظومات التجارية، فضلًا عن الحاجة إلى وجود تقنية مبتكرة لتتبع عملية التوزيع.

ستبوء كل هذه الاستعدادات بالفشل إذا رفض الأفراد الحصول على اللقاح، بما في ذلك الجرعات اللاحقة. ولهذا، لا بدّ من بناء الثقة للتعويض عن ذلك القدر الهائل من المعلومات المغلوطة عن الصحة العامة وظاهرة مناهضة اللقاحات. ويمكن تحقيق ذلك بتوفير اللقاحات والمعلومات والمشورة والدعم للمجتمعات. وقد خصَّصت منظمة الصحة العالمية خدمة رسائل عبر تطبيق "واتساب" لتصحيح المعلومات المغلوطة بخصوص مرض "كوفيد-19"، ونعتزم نحن أيضًا إطلاق حملات على مستوى القارة بأكملها بالتعاون مع منصات التواصل الاجتماعي ووكالات التسويق. ومن الضروري أيضًا التعاون مع كبار المسؤولين في الدول، والاستعانة بقادة الرأي المحليين من السياسيين والصحفيين والمشاهير والزعماء الدينيين، لمشاركة المعلومات الدقيقة وتشجيع الحصول على اللقاحات الآمنة. ويعمل فريق فني تابع للمراكز الإفريقية لمكافحة الأمراض والوقاية منها حاليًّا على تطوير إرشادات للشراكة مع أصحاب المصلحة من أجل زيادة فاعلية حملات التثقيف العامة، بما في ذلك استخدام الرسائل السلوكية للتصدي لانتشار المعلومات المغلوطة.

سيكون الطريق إلى الأمام صعبًا. دأبت مجموعة العمل الإفريقية المعنية بمواجهة فيروس كورونا على الاجتماع أسبوعيًّا منذ فبراير الماضي، وهناك سبع مجموعات عمل تركِّز على جوانب مختلفة مثل التشخيص المخبري، والتصنيف الفرعي للفيروسات، وإدارة الحالات، والرصد، والإبلاغ عن المخاطر، والوقاية من العدوى ومكافحتها، وإدارة سلاسل الإمداد، والمعايير العلمية. وتغتنم إفريقيا هذه الفرصة لتعزيز جاهزيتها في مجال الصحة العامة، وبنيتها الأساسية للاستجابة على جميع المستويات؛ القارّية منها والإقليمية والوطنية والمحلية.

ونحن نأمل أن تحذو بقية دول العالم حذونا وأن تتبنّى نهج التعاون وتعددية الأطراف للتغلب على هذه الجائحة والجوائح المستقبلية. فالعوامل المسبِّبة للعدوى تنتشر في العالم كله في غضون أسابيع؛ ولهذا يكون توفير اللقاحات لسكان إحدى القارات ضروريًا لصحّة سكّان القارات الأخرى وثرائهم ورفاههم. فلا يمكن لأي منطقة أن تكون بمنأى عن الخطر قبل توفير الحماية لنسبةٍ مؤثرةٍ وعادلةٍ من سكان العالم، من خلال توفير مستوى جيّد من الخدمات الأساسية للصحة العامة وكذلك توفير اللقاحات.

جون إن نكينجاسونج: مدير المراكز الإفريقية لمكافحة الأمراض والوقاية منها، أديس أبابا، إثيوبيا.

نيكيز إندِمبي: كبير مستشاري العلوم في المراكز الإفريقية لمكافحة الأمراض والوقاية منها.

أكونا تشانجلا: مدير برنامج رصد الوفيات في المراكز الإفريقية لمكافحة الأمراض والوقاية منها.

تجودين راجي: رئيس قسم معاهد الصحة العامة والبحوث في المراكز الإفريقية لمكافحة الأمراض والوقاية منها.

البريد الإلكتروني: nkengasongj@africa-union.org

تتوافر معلومات تكميلية مصاحبة لهذا المقال على الموقع الإلكتروني go.nature.com/2s8eniu.

1. Fidler, D. P. *PLoS Med.* **7**, e1000247 (2010).
2. Nkengasong, J. *Nature* **580**, 565 (2020).
3. Bartsch, S. M. *J. Prevent. Med.* **59**, 493–503 (2020).

كتب وفنون

AI DRAGO/REUTERS



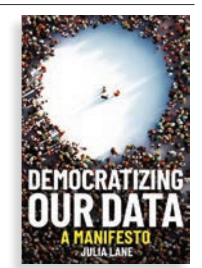
عدد غفير من الناخبين ينتظرون لساعاتٍ، من أجل الإدلاء بأصواتهم في الانتخابات التمهيدية الأمريكية ربيع 2020.

الديمقراطية تتضرر عندما تفشل الإحصاءات الحكومية

ترى خبيرة استراتيجيات القياس جوليا لاين أن الولايات المتحدة يجب أن تغيّر طريقة قياسها للمؤشرات المجتمعية. **بيث سايمون نوفيك**

ظهرت شبكة الإنترنت إلى الوجود قبل 30 عامًا. ومع ذلك، فعام 2020 هو أول عام يُسمح فيه للأُسَر في الولايات المتحدة بالمشاركة عبر الشبكة في إحصاءات التعداد السكانيّ التي تجريها البلاد كل عشر سنوات. جاء هذا التحوّل في لحظة حاسمة وحرجة –بالأخذ في الاعتبار الحاجة إلى تطبيق تدابير التباعد الاجتماعيّ– وحقق نجاحًا (معقولًا). فبحلول شهر سبتمبر الماضي، أمكن أخْذ الإحصاءات السكانية لأكثر من 88% من الوحدات السكنية. وقد أدلى حوالي 65.5% من المشاركين في هذه الإحصاءات ببياناتهم، إما من خلال شبكة الإنترنت، أو عبر الهاتف، أو البريد، عوضًا عن الإجابة على أسئلة جامعي الإحصاءات السكانية في الزيارات المنزلية التقليدية.

وتحاجج جوليا لاين، عالمة الاقتصاد من جامعة نيويورك، في كتابها "ديمقراطية البيانات: خطة عمل" *Democratizing Our Data: A Manifesto* بأن الافتقار إلى روح الابتكار في عمل الهيئات الفيدرالية المعنيّة بالإحصاء، مثل مكتب تعداد الولايات المتحدة، يسهم في طبيعة أداء الحكومة الأمريكية الذي يتصف بالبطء، والبيروقراطية، وضيق الأفق. وهناك عوامل كثيرة وراء تلك الأوصاف، تتمثل في ندرة تَبَنِّي التقنيات الحديثة، وعدم وجود التدريب الملائم على تقنيات علوم البيانات الجديدة، مثل تعلّم الآلة، واتباع القواعد القانونية البالية



"ديمقراطية البيانات: خطة عمل"
جوليا لاين
دار نشر معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، (2020)

التي تحافظ على استمرار الجمود، وآليات إدارة الميزانيات، التي تخلق إدارات منعزلة تعوق التعاون.

وإذا خُيِّل لك أن كتابًا يجمع في مادته بين مجالَي الإحصاء والعمل الحكومي يعني درجة مضاعفة من الملل، فستكون مخطئًا تمامًا؛ فكتاب "ديمقراطية البيانات" يعرض قضية كاشفة، تصوغها الكاتبة من خلال حُجج مُحكمة. وتتمثل هذه القضية في ضرورة تغيير الولايات المتحدة لمنظومتها المستخدَمة في إصدار الإحصاءات العامة. صحيحٌ أن هذا الكتاب قد كُتب قبل تفشي جائحة "كوفيد-19" COVID-19، إلا أن الدروس التي يقدمها لنا تشير إليها عناوين الأخبار اليومية، إذ إن الأنظمة المتهالكة تعوق إدارة الأزمة؛ بداية من مكافحة الوباء، إلى البطالة، وحتى الشؤون اللوجيستية المرتبطة بالانتخابات القادمة.

عملت في السابق نائبة لكبير مسؤولي التكنولوجيا بالبيت الأبيض (في ظل إدارة الرئيس باراك أوباما)، وقد وجدت الحجج التي يطرحها الكتاب مقنعةً تمامًا فيما يخص الوكالات المعنيّة بالإحصاءات، التي تستخدمها الكاتبة كنموذج للكيفية التي تفشل بها الحكومات في الابتكار بوجه عام. ومن شأن التعاون واسع النطاق مع الجامعات والكيانات التي لا تندرج ضمن منظومة الحكومة الفيدرالية أن يطرح أفكارًا جديدة بوتيرة أسرع في سياق هذا الابتكار.

أنتجت لاين أعمالًا رائدة لابتكار طرق، يمكن من خلالها قياس الأثر الاقتصادي للاستثمارات العامة في العلوم والتكنولوجيا. وهي تؤكد بأسلوبها الجزل، الذي يمتلئ بالقصص الشخصية، على فشل الولايات المتحدة في تقصي أحوال سكانها، واقتصادها، ومجتمعها كما ينبغي. فهيئاتها أصابها الركود، وإحصاءات التعداد السكاني تبخس

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

بشكل هائل تقدير حجم الأقليات العرقية. كما لا توجد قائمة شاملة بعدد الأسر المعيشية على مستوى البلاد، وإضافة إلى ذلك، فإن هذه البيانات الإحصائية لا تُتاح إلا بعد مضيّ عامين على جمْعها، مما يجعلها قديمة بشكل لا يسمح باستخدامها كأساس لوضع سياسات فعّالة.

وحتى وقت قريب، كانت الحكومة الفيدرالية الأمريكية تنفق مليارات الدولارات على أبحاث العلوم والتكنولوجيا، دون تصوّر لعائد هذا الاستثمار. وفضلًا عن ذلك، تفتقر هذه الحكومة إلى أشخاص مؤهلين قادرين على استغلال هذا المخزون الغنيّ من البيانات، بغرض الاسترشاد به في وضع السياسات. ولا عجب في ذلك عندما نأخذ في الاعتبار أن متوسط الراتب الذي يحصل عليه عالِم بيانات كبير في وادي السيليكون يبلغ ضعف راتب موظف حكومي رفيع المستوى.

وفي الولايات المتحدة، لا توجد هيئة وطنية بعينها تختص بالإحصاءات. فعملية جمْع البيانات العامة ونشرها موّزعة على العديد من الإدارات والهيئات الحكومية، وهو ما يصعب طرح أفكار جديدة تشمل المنظومة بأسرها. فكل هيئة تتلقى تمويلًا –وتخضع للمساءلة– من لجنة مختلفة من لجان الكونجرس. وذات مرة، قاضَى الكونجرس وزارةَ التجارة، لمحاولتها طرح أساليب حديثة لجمْع العينات الإحصائية، داعمًا بذلك عملية إحصاء معيبة للتعداد السكاني، تضمنت إحصاء كل شخصٍ يدويًّا.

إن كلًّا من الناتج المحلي الإجمالي الأمريكي، الذي يُعَدّ أهم مقياس للرخاء الاقتصادي الوطني، وإحصاء البطالة على مستوى البلاد يشوبهما قصور ميئوس من علاجه. ومع ذلك، وبالرغم من أن فشلنا في قياس ما نثمِّنه حقًّا ظل موضع انتقاد لعقود، لا نُقْدِم على تغيير المقاييس التي نستخدمها. وتكتب لاين عن الناتج المحلي الإجمالي، شارحةً آراء روبرت إف. كينيدي في هذا الصدد قائلة: "إننا نقيّم الولايات المتحدة من خلال الإنتاج؛ فنقيس تلوث الهواء، وحجم الدعاية المروِّجة للسجائر، ونحصي الأقفال على أبواب منازلنا، والسجون للأشخاص الذي يحاولون اقتحام هذه المنازل. كما نحصي الدمار الذي يلحق بغابات "السيكويا" دائمة الخضرة، ونقيس إنتاج الرؤوس الحربية النووية، لكننا لا نقيس مدى صحة أطفالنا، أو جمال الشعر، أو ذكاء المناقشات العامة، أو نزاهة مسؤولينا. باختصار، [الناتج المحلي الإجمالي] يقيس كل شيء، باستثناء ما يجعل الحياة تستحق العيش". وفي ضوء أننا قد لا نرغب في قياس جمال الشعر، فإن ما تقصده لاين هو أننا سنتعرض لضربة قاصمة، إذا أصابتنا حالة من الجمود تجعلنا نفتقر إلى القدرة على تجربة أشكال جديدة من القياس.

ولا تزال وكالات الإحصاء الأمريكية تعتمد بالدرجة الأولى على الاستقصاءات المرسَلة عن طريق البريد. وفي المقابل، تستطيع الجامعات تحليل آراء المواطنين بدراسة التغريدات على "تويتر" ، أو عمليات البحث على محرك "جوجل"، بغرض فهم التوجّهات السائدة. وعلى الرغم من أن هذا الأسلوب لم يُكتب له النجاح دائمًا (على سبيل المثال، لم تتنبأ عمليات البحث عن كلمة "إنفلونزا" بعدد الزيارات إلى الأطباء على نحو صحيح)،فإن أفضل المناهج التي يمكننا تطبيقها لن يتجلّى إلا من خلال المحاولة، والخطأ، والتجريب. وتقدِّم لاين شرحًا مبهرًا -وإنْ كان محبِطًا في الوقت نفسه- للعناصر اللازمة لكتابة استقصاء إحصائي عام وشامل على مستوى البلاد، وما يستلزم مِن اختباره، واعتماده، وتدريب طواقم العمل عليه، وإدارته، وتحليل نتائجه، وهي عملية يُقَدِّر عالِم إحصاء أمريكي أوّل سابق أنها يمكن أن تستغرق عشر سنوات.

وفي المقابل، نلحظ أنّ أفضل شركات القطاع الخاص تنتج بيانات أنِيّة شاملة مهمة ومُجدية، ويمكن بسهولة الوصول إليها. ومن أجل إصدار بيانات عامة مماثلة، تشير لاين إلى أنه ينبغي لنا التعلّم من نماذج تكون على غرار برنامج "الدراسات الطولية لديناميكيات أصحاب العمل والأُسَر المعيشية" Longitudinal Employer–Household Dynamics. وقد بدأ هذا البرنامج كمشروع بحثيّ جامعي، من أجل قياس العوائد الاقتصادية من التدريب في موقع العمل. ومع تطوُّر سير البرنامج، ابتكر الباحثون –بالتعاون مع مكتب التعداد والولايات– مقاييس جديدة للديناميكيات المؤَثِّرة في القوة العاملة، بالإضافة إلى وسائل جذابة للتمثيل البصري للبيانات. وعلى مدار عقود من الزمان، أصبحت هذه الشراكة بين المسؤولين الحكوميّين والباحثين الجامعيّين مؤشرًا وطنيًّا قَيِّمًا على تدفق الأيدي العاملة، وحركة التوظيف، ومعدلات دوران العمل، باستخدام البيانات المجمَّعة سلفًا، والمستخدَمة على نطاق واسع في دوائر مخططي النقل، والقوة العاملة.

وترى لاين أنه ينبغي للكونجرس أن يؤسس "مختبرًا وطنيًّا للبيانات المجتمعية"، يؤدي عمله بصورة مستقلة عن الحكومة. وعلى غرار مختبرات الأبحاث الوطنية الأخرى المُموَّلة فيدراليًّا، مثل مختبر "لورانس ليفرمور" Lawrence Livermore في ولاية كاليفورنيا، التي تسرِّع عجلة الأبحاث المهمة التي تصبّ في خدمة الصالح العام، فسيتمتع هذا المختبر بإمكانية الوصول إلى العمالة الماهرة من خارج الحكومة، وكذلك إلى البيانات من داخل الحكومة. وحيث إن هذا المختبر سيكون "شبه" مستقل عن الحكومة، فسيتمكن من الخروج بابتكارات بوتيرة أسرع، وسيكون أقدر على الاستجابة لاحتياجات المواطنين، وهو ما يؤدي إلى إنتاج مزيد من البيانات المهمة.

وتجمع لاين أدلة تدعم بها حجتها المؤيدة لإنفاذ تشريعات جديدة، تهدف إلى تأسيس هذه الهيئة الوطنية المستقلة للبيانات. وحيث إن القصد من ذلك، كما يُفترَض، هو بناء حُجج تدعم الابتكار، لا تنحاز إلى فِكر حزبي، فإن لاين تتجنب بجلاءٍ النقاش في الشؤون السياسية؛ فلا نجد في الكتاب معلومات عن عدد الموظفين الحكوميّين المهرة الذين استقالوا من الحكومة الفيدرالية، بسبب عدم تسامح إدارة الرئيس الأمريكي دونالد ترامب مع الاختلاف في الرأي، ولا معلومات عن الكيفية التي قررت بها وزارة الزراعة الأمريكية في عام 2019 أن تنقل محلّ خدماتها البحثية المتخصصة التي تتمتع باحترام كبير واسع النطاق من واشنطن العاصمة إلى كانساس سيتي بولاية ميزوري، وهو ما لم يوافق عليه سوى أقل من ثلثي موظفي الوزارة، وأسفر عن تدمير بياناتها وقدراتها البحثية.

إذا كنتَ تبحث عن كتاب يسرد فضائح عن إدارة الرئيس ترامب، فلن تجد غايتك هنا. وبالنظر إلى أن النقاش حول التعداد السكاني أصبح مساحة للاستقطاب السياسي، حيث تدور على سبيل المثال المعارك الشهيرة التي تجري في المحاكم حول إحصاء المهاجرين غير الموثّقين، وبالنظر إلى الجدل الوطني المحتدم الأوسع نطاقًا حول تسييس الوكالات العلمية في أثناء جائحة "كوفيد-19"، فإن إضافة المزيد من النقاشات حول الشؤون السياسية في كتاب "ديمقراطية البيانات" ربما تثمر عن تدعيم حُجج لاين الداعية إلى التعاون مع أطراف خارج الحكومة. كما كان طرح نِقاش أعمق حول الوكالات المعنيّة بالإحصاءات في البلدان الأخرى –من النماذج الناجحة وغير الناجحة حول العالم– ليغدو موضع ترحيب، إلى جانب دراسة كيفية التوسع في إشراك الجماهير في هذه النقاشات المهمة.

إن هذا الكتاب البليغ هو سرد عن طبيعة وكالات الإحصاء الفيدرالية الأمريكية، والوظائف التي تؤديها، وعن الأسباب التي تجعل للإحصاءات العامة أهمية في العملية الديمقراطية، تجب قراءته. فإذا لم نكن مُمثلين في الإحصائيات، فلن يكون لنا صوت مسموع.

بيث سايمون نوفيك أستاذة بكلية تاندون للهندسة بجامعة نيويورك، حيث تدير مختبر أبحاث الحوكمة.
البريد الإلكتروني: noveck@thegovlab.org


DIANA SANCHEZ/AFP VIA GETTY

موظفو الحكومة المحلية في بوجوتا في شهر إبريل يستعدون لتفقد الأُسَر التي تحتاج إلى غذاء.



FABRIZIO BENSCH/REUTERS

متظاهرون ألمان مناهِضون للهندسة الوراثية في برلين في عام 2015.

رحلة تقنية "كريسبر" عبر التاريخ بين دفتي كتاب

كتاب يوفر مدخلًا إلى علم التحرير الجيني، يتتبع المحطات الأساسية في هذا العلم، لكنه يغفل التركيز بالقدر نفسه على إشكالياته. **ناتالي كوفلر**

اكتشفت جنيفر داودنا، وإيمانويل شاربنتييه في عام 2012 أن من الممكن التلاعُب بجهاز مناعي بكتيري عتيق، من أجل تحرير التسلسلات الجينية للكائنات الحية. وبفضل فوزهما بجائزة نوبل خلال الشهر الماضي، تَذَكّر العالَم أجمع هذا الإنجاز. واليوم، تُستخدَم تقنية "كريسبر" في هندسة آلاف من الكائنات وراثيًّا. ومن الناحية النظرية، يمكن لهذه التقنية شفاء الأمراض الوراثية، وتعزيز الأمن الغذائي، ومكافحة أثر التغيُّر المناخي. وفي مثال شائن عليها، وُلدت بالفعل باستخدامها توأمتان في الصين، جرى تحرير جينوميهما.

وبوصفي المديرة المؤسسة لمنصة "إديتينج نيتشر" Editing Nature، وهي منصة تشجع تبنّي قرارات مسؤولة في شؤون الهندسة الوراثية، فقد شهدتُ توسُّع استخدام تقنيات "كريسبر"، وتغيُّرها بسرعة هائلة؛ فيبدو في بعض الأحيان وكأننا نركب قطارًا أفعوانيًّا، لا أحد يذكُر شراء تذكرة ركوبه. وما تزال هناك أسئلة مجتمعية عديدة حول التقنية عالقة بلا جواب، منها على سبيل المثال: مَن يحق له أن يشارك في تحديد الكيفية التي تُستخدَم بها تقنية "كريسبر"؟ ومَن يحق له أن يجني ثمارها؟

وفي كتاب "تعديل البشر" *Editing Humanity*، يحاول كيفين ديفيس تسليط الضوء على منعطفات رحلة تقنية "كريسبر". وبوصفه المحرر التنفيذي لدورية ذا "كريسبر جورنال" *The CRISPR Journal*، والمحرر المؤسس لدورية "نيتشر جينيتكس" *Nature Genetics*، فهو على معرفة وثيقة بالأحداث والشخصيات التي شاركت في رسم مسار هذه الرحلة. والنتيجة هي سجل وخريطة لتطوُّر التقنية يمتدان عبر تاريخها، ويدعوان القارئ إلى التعلم من دروس الماضي، كي يبحر في الحاضر. ومع ذلك، فهذه السردية لا تمثل إلا جزءًا من قصة تقنية "كريسبر"؛ إذ ترك ديفيس الكثير من القضايا الأخلاقية الشائكة، دون التطرق إليها.

والشخصيات التي يتناولها الكتاب كلها من نجوم هذا المجال. فبالإضافة إلى داودنا وشاربنتييه، يبرز دور كل من فِنج تشانج، اختصاصي الهندسة البيولوجية، وجورج تشيرش، اختصاصي البيولوجيا التخليقية، اللذَين كانا أول مَن استخدما تقنية "كريسبر للتحرير الجيني" في الخلايا حقيقية النوى، بما في ذلك خلايا البشر، وهو ما أدى إلى نشوب نزاع متعلق بالملكية الفكرية للتقنية، استمر منذ عام 2016، حتى وقتنا هذا. كما يلقي ديفيس الضوء على مئات الباحثين الآخرين الذين ساعدوا في تمكين استخدام التحرير الجيني وتطبيقاته العديدة في الكائنات الدقيقة، والنباتات، والحيوانات. وعلى سبيل المثال، بينما كان عالِم الأحياء الدقيقة فرانثيسكو موخيكا يدرس العتائق المُحِبة للملوحة في إسبانيا في تسعينات القرن الماضي، لاحظ التكرارات الجينية غير المعتادة، التي تُعَد الآن من السمات الكاشفة التي تميز الأجهزة المناعية التكيفية العتيقة. وتلَتْ هذا رحلة استمرت عقدًا من الزمن لفهم دور هذه التكرارات، وهو ما أدى، في نهاية المطاف، إلى صك مصطلح "كريسبر".

"تعديل البشرية: ثورة تقنية كريسبر والعهد الجديد لتحرير الجينوم"
كيفين ديفيس
دار نشر بيجاسوس (2020)

"أغلب المشاركين الذين لم تؤخذ موافقاتهم في تجارب العلاج الجيني التي لم تتحَرّ النزاهة، في عصرنا الحالي وفي الماضي، كانوا من الفتيات والنساء اليافعات".

ويتخلل عرض ديفيس لهذه الرحلة سرد لتاريخ الهندسة الوراثية والعلاجات الجينية التي سبقت تقنية "كريسبر"، وذلك بهدف إذكاء اهتمام القارئ، وكذلك ليكون هذا السرد على سبيل التحذير. ومثال على ذلك، أنه في سبعينات القرن الماضي، قدَّم الطبيب الأمريكي ستانفيلد روجرز، واختصاصي الدم مارتن كلاين علاجات جينية غير مختبَرة لمرضى بهدف علاج أمراض وراثية نادرة، فقد عالَج روجرز فتيات في ألمانيا، كانت اثنتان منهن تعانيان قصورًا في النمو، بسبب تراكُم الأرجنين في الدم، في حين عالج كلاين نساء يافعات مصابات بثلاسيميا بيتا في إسرائيل وإيطاليا. وعمل كلا الباحثَين في الخارج بهدف تجنُّب الحصول على موافقات المؤسسات المعنية في الولايات المتحدة.

وفي السنوات القليلة الماضية، طالب خبراء دوليون بقوةٍ بإخضاع التحرير الجيني لمزيد من الإشراف الأخلاقي. وفي عام 2015، أجمعوا على أنه لا ينبغي السماح بالتحرير الجيني للبشر في الحيوانات المنوية، ولا البويضات، ولا الأجنة، بيد أنه في عام 2018، وعلى مرأى حشد مذهول من العلماء واختصاصيي علم الأخلاق والصحفيين في هونج كونج، وصف هو جيانكوي كيف استخدم فريقه (الذي تضّمن علماء صينيين وأمريكيين) تقنية "كريسبر" في تحرير أجنة بشرية، في محاولة لتأمين وقاية من الإصابة بفيروس نقص المناعة البشرية (HIV). ونتيجة لذلك، وُلدَت توأمتان، تُعرفان فقط باسميهما المستعارين، لولو ونانا، وقد عُدلت كل خلاياهما وراثيًّا، بما في ذلك الخلايا التكاثرية التي يمكن أن تمرر هذا التعديل الجيني إلى الأجيال التالية.

إن سرد ديفيز لهذه القصة الملحمية أخّاذ، حتى بالنسبة إلى شخص مثلي كان متابعًا لأحداثها. ويوجه ديفيس أصابع الاتهام إلى الدوائر الأمريكية التي وثق بها هو، لعدم إيقافها مثل هذه التجربة المشكوك فيها أخلاقيًّا (*Nature* **566**, 427; 2019). وبكشف تورُّط حكومات ومؤسسات في مثل هذه التجارب، يترك الكاتب شعورًا غريبًا في نفس القارئ بأن التاريخ يكرر نفسه؛ إذ إن أغلب المشاركين الذين لم تؤخذ موافقاتهم في تجارب العلاج الجيني التي لم تتحر النزاهة، في عصرنا الحالي وفي الماضي، كانوا من الفتيات والنساء اليافعات.

وبغض النظر عن هذه المخالفات في استخدام السلطة، لا تزال تقنية "كريسبر" تدفع التقدم على صعيد اكتشاف العلاجات، والزراعة، والبيئة، فيقدم ديفيس وصفًا بارعًا لقدرتها على شفاء أمراض، بدءًا من مرض فقر الدم المنجلي إلى التليف الكيسي. كما يستفيض في بيان كيف يمكن استخدامها في تخليق ثمار طماطم ألذ طعمًا،

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

وبرتقال أقدر على تحمل الشتاء القارس، وقطعان ماشية بدون قرون، على الرغم من أنه كان بمقدوره أن يستعرض بصورة أعمق كيف يمكن لهذه التقنية تغيير سلاسل إمداد الغذاء على مستوى العالم. فقد استثمرت الصين، على سبيل المثال، مليارات الدولارات في تقنية "كريسبر"، أملًا في توفير الغذاء للبلد، وزيادة صادراته.

يستعرض ديفيس تكنولوجيا معقدة بأسلوب واضح، ومحكم، وجذاب. ومع ذلك، فهو يخفق في إيلاء قدر مماثل من الاهتمام لتبعاتها الإيكولوجية، والاجتماعية، والسياسية، والأخلاقية. ففي الفصل الذي يتناول تطبيق تقنيات التحرير الجيني على الصعيد البيئي، مثل استخدام البعوض المُهندَس وراثيًّا؛ بغرض كبح انتشار البعوض الحامل للملاريا، لا يذكر ديفيس أي المنظومات القيمة ستشكل القرارات الخاصة بإطلاق هذا "الدفع الجيني" القائم على تقنية "كريسبر" في البرية.

وبالمثل، لا يتناول ديفيس على نحو وافٍ قصور الوكالات التنظيمية أو الهيئات الحكومية الدولية. فأغلب هذه الجهات لا يشرك أصحاب الخبرة من ذوي التخصصات المتعددة، ولا المجتمعات المتأثرة باستخدام تقنية "كريسبر"، في عملية إرشاد القرارات المتعلقة بها. وعلى سبيل المثال، لا تتضمن اللجنة الاستشارية المعنية بتحرير الجينات البشرية، التابعة لمنظمة الصحة العالمية، عضوًا واحدًا من أصحاب الإعاقات الجسدية، رغم أن أحد محاور تركيز هذه اللجنة هو وضع معايير حوكمة عالمية تنظِّم استخدام العلاجات القائمة على تقنية "كريسبر"، التي يمكنها ذات يوم التخلص من إعاقات معينة، مثل الصمم، والتقزُّم.

تشكل السرديات المفاهيم، وقد تُستخدَم في الإبقاء على الوضع الراهن، أو رسم تَصورات لسيناريوهات مستقبلية من نوع جديد. وقد شعرتُ بالارتياح عندما وجدت أن الكتاب يُعطي العالمات الإناث المعاصرات الأدوار الرئيسة التي تستحقنَّها، غير أنني انزعجت من ملحوظة لا تنُمّ عن مراعاة للآخر، تشير إلى أن العلماء الصينيين يفتقرون إلى الدماثة، وكذلك من صورة مجازية امتدت إلى صفحة كاملة، جرى فيها تشبيه الدفاعات المناعية البكتيرية بالمراقبة الشُّرَطيّة (بالنظر إلى الاحتجاجات المتواصلة ضد وحشية الشرطة ذات التوجه العرقي). إنّ قدرة تقنية "كريسبر" على تغيير الخبرة الجمعية البشرية تتطلب سياقًا مجتمعيًّا يتحدد بوجهات نظر متنوعة، كتلك التي يمكن العثور عليها في كتاب "العِرْق الأسمى" *Superior*، لأنجيلا سايني، و"التغيُّر الوراثي" *Altered Inheritance*، لفرانسوا بايليس، و"الحمض النووي الأمريكي الأصلي" *Native American DNA*، لكيم توليير، و"الساحر والنبي" *The Wizard and the Prophet* لتشارلز مان، و"الحياة الاجتماعية للحمض النووي" *The Social Life of DNA* لألوندرا نيلسون.

إن كتاب "تعديل البشر" -وهو واحد من جملة من الكتب الموجهة إلى عموم القراء، التي نُشرَت حديثًا، أو في طريقها إلى النشر- يوضح بجلاء شكل هذا العالَم الجديد. لكنْ مِثل أي خريطة، فإنه لا يستطيع أن يخبرنا كيف نصل من نقطة إلى أخرى. ولكي نصل إلى مستقبل مزدهر يتحقق فيه العدل والإنصاف، سنحتاج إلى بوصلة أخلاقية، تسترشد بمجموع الخبرات الإنسانية المُعاشة. إن التاريخ يُسطَر الآن، وكل شخص يستحق أن يكون صوته مسموعًا.

ناتالي كوفلر مؤسِّسة منصة "إديتينج نيتشر" Editing Nature، واستشارية بمبادَرة المواطَنة العلمية في كلية طب هارفارد في بوسطن بولاية ماساتشوستس.
البريد الإلكتروني: natalie_kofler@hms.harvard.edu

ملخصات الكتب

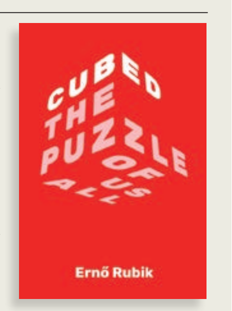
"التكنولوجيا الرقمية وزعزعة أنظمة التعليم" *Failure to Disrupt*



جاستن رايخ، مطبعة جامعة هارفارد (2020)

في عام 1913، زعم توماس إديسون، مع انطلاق حركة تعليمية تتبنى الاستعانة بالأفلام، أن الكتب في المدارس ستصبح مهملة في المستقبل القريب. ويبدو بالفعل أن المَزاعم المماثلة، التي ظهرت في العقد الأول من الألفية الثالثة بشأن الدور الذي يُتوقع أن تلعبه الدورات التعليمية الهائلة المفتوحة عبر الإنترنت (MOOCs)، بالية بدورها. لكن جاستن رايخ، الباحث في شؤون التعليم، ينوه إلى هيمنة المقاطع المرئية الآن على التعليم غير النظامي، بينما تجذب موسوعة "ويكيبيديا" كثيرًا من المُعلمين. ويتميز عرض رايخ لتقنيات التكنولوجيا الرقمية بأنه لا يتبنى نظرة وردية ولا قاتمة لها؛ فيقدم لنا "دليلًا مبدئيًّا لعملية تعلُّم واسعة النطاق"، بهدف ملاءمة النظام التعليمي المعقد في المدارس والجامعات، لا السعي إلى زعزعته.

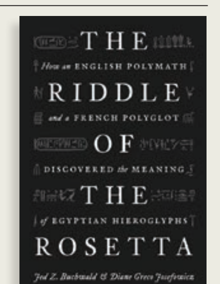
"شغف بالجهل" *A Passion for Ignorance*



ريناتا ساليسل، مطبعة جامعة بريستون (2020)

تبدأ ريناتا ساليسل، الفيلسوفة وعالمة الاجتماع، استعراض دراستها حول الجهل، بالإشارة إلى طريقة تعامل الرئيس الأمريكي دونالد ترامب مع جائحة فيروس كورونا الجديد. ففي مطلع عام 2020، أساء ترامب فهم الخطر المحيق ببلاده. ومع ذلك، فعندما بات الخطر جليًّا، قال: "شعرتُ بأن الوضع ينم عن جائحة، قبل وقت طويل من وصفها بأنها كذلك". وهذا السلوك، الذي يشاركه فيه العديد من الزعماء، كشف عن أمرين، هما :"عدم العلم بالمشكلة (الجهل)"، وعدم الإقرار بها (تجاهلها)". وهما مسألتان وثيقتا الصلة ببعضهما بعضًا، يدور حولهما هذا الكتاب الجذاب، الذي يتناول قضايا متنوعة معاصِرة، بدءًا من علم الجينات، حتى الأخبار الزائفة.

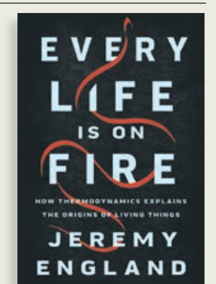
"مُكَعَّب روبيك" *Cubed*



إرنو روبيك، فلاتيرون (2020)

لا يحتاج مكعب روبيك إلى مقدمة تعريفية، على عكس مبتكره إرنو روبيك، المهندس المعماري الذي كان ابنًا لمصمم طائرات. وُلد روبيك في بودابست إبان الحرب العالمية الثانية، وكان مولعًا منذ طفولته بالألغاز، بيد أنه في سيرته الذاتية الممتعة والفريدة هذه -أول كتبه على الإطلاق- يقول إنه "يكره الكتابة"، واصفًا نفسه بالهاوي على مدار حياته، مضيفًا أنه كان يفتقر إلى الخبرة المهنية في تصميم الألعاب، أو التصميم الصناعي، عندما ابتكر المكعب في عام 1974. وربما يفسر شعوره الداخلي هذا لِمَ يستمر الأطفال والكبار إلى اليوم في تأمُّل اللعبة "في لحظة نادرة، يمتزج فيها النظام والفوضى، بسلام".

"لغز حجر رشيد" *The Riddle of the Rosetta*



جيد زي. بوتشوالد، وديان جريكو جوسيفويكز، مطبعة جامعة برينستون (2020)

لا يزال حجر رشيد، وقصة فك شفرة اللغة الهيروغليفية المصرية، يبهران إلى اليوم. ويمزج هذا التحليل القيم، الذي أجراه مؤرخ العلوم جيد بوتشوالد، والكاتبة ديان جوسيفويكز، بين التنقيب الشامل في السجلات التاريخية، وعناصر مُنتقاة من السير الخاصة بالعالِمَين اللذين فكّا شفرة هذه اللغة؛ وهما العالِم الموسوعي الإنجليزي توماس يونج، والعالِم الفرنسي جان فرانسوا شامبوليون، الذي أتقن عدة لغات. ويوضح المؤلفان -بقدر فريد من التفصيل، وبقدر ما سمحت به الأدلة المتوفرة- كيف أن كثيرًا من التقدير المُستحَق ينبغي أن يذهب إلى يونج، الذي لا شك في أن شامليون حاد الطباع "لم يكرِّمه كما ينبغي".

"الأصل الحراري لجميع الكائنات" *Every life is on fire*

جيريمي إنجلاند، بيزيك (2020)

درس جيريمي إنجلاند الكيمياء الحيوية، وحصل على درجة الدكتوراة في الفيزياء، ورُسِّم حاخامًا، وتخصص في الفيزياء في إحدى الجامعات، كما عمل مديرًا لبرنامج الذكاء الاصطناعي في شركة الأدوية "جلاكسوسميثكلاين" GlaxoSmithKline. وكل هذه الاهتمامات شكلت مصادر إلهام له في كتابه حول نشأة الحياة، الذي استعرض فرضيته غير المثبتة في الديناميكا الحرارية المعروفة باسم "التكيف التبديدي"، القائلة إنّ مجموعات الجزيئات العشوائية قادرة على الانتظام ذاتيًّا لزيادة كفاءة امتصاص الحرارة من البيئة وتبديدها. ويتميّز الكتاب بأنه مبتكر، ومثير للاهتمام، وذو علاقة بالأديان، وهو على الأرجح، ولكل هذه الأسباب، سيثير جدلًا علميًّا. **أندرو روبينسون.**

دروس في العمل الجماعي من قلب وكالة ناسا

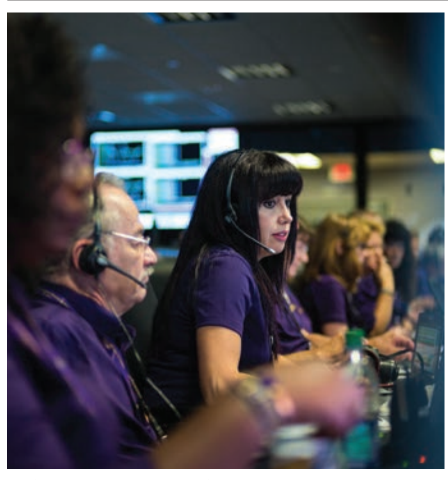
توضّح عالمة الاجتماع جانيت فيرتِسي أن الاكتشافات التي يتوصّل إليها العلماء تعتمد على طريقة تعاونهم مع بعضهم بعضًا. **اسم الكاتب**

على مدار 25 عامًا من تغطية أخبار عِلْم الكواكب في الولايات المتحدة، اعتدتُ رؤية أشخاص بعينهم في البيانات الصحفية، والمؤتمرات، ومقاطع البثّ الشبكي، وهم يعرضون اكتشافات مَركبات فضائية تابعة لوكالة "ناسا"، مكلَّفة باستكشاف مجموعتنا الشمسية. وقد استمتعتُ باستطلاع طبيعة الشبكات المعقدة التي تربط بين أولئك الباحثين بعضهم بعضًا، ولكنْ لم يسبق أن أُتيح لي الاطلاع بشكل مباشر ودائم على التفاعُل الشخصي فيما بينهم. والآن، تزيح عالمة الاجتماع جانيت فيرتِسي الستار عن صور هذا التفاعُل، لتصبح رأي العين لنا جميعًا. وتجدر الإشارة إلى أن فيرتِسي لعبت دورًا مهمًّا في العديد من مشروعات وكالة "ناسا" على مدار سنوات، وها هي تصحب القرّاء في رحلةٍ إلى قلب اثنين من هذه المشروعات؛ هما: بعثة "كاسيني" إلى كوكب زحل، و"مشروع المركبات الفضائية الجوّالة لاستكشاف المريخ".

وجدير بالذكر أن ما نراه في هذه الرحلة ليس مستحبًّا دائمًا، لكنه مفيدٌ. وفي كتاب "تشكيل العلوم" *Shaping Science*، لا تتناول فيرتِسي التفاصيل الدقيقة حول كيفية عمل تلك البعثات فحسب، بل تعرض كذلك استنتاجات عامّة حول طبيعة الاكتشافات العلمية، وكيف أنها تتوقّف على طريقة تعاوُن العلماء مع بعضهم بعضًا.

وتستند فيرتِسي إلى الأبحاث الكلاسيكية حول نشأة المعارف، مثل أبحاث عالِم الاجتماع هاري كولينز، الذي قضى سنوات من حياته بين العلماء الباحثين عن موجات الجاذبية، وعالمة الاجتماع دايان فون التي درست ثقافة مديري مشروعات المكاكيك الفضائية، لفهْم كيف انتهى بهم الحال إلى وضع إجراءات روتينية لمواجهة المخاطر. وترى فيرتِسي أن عِلْم الكواكب يُعَد أرضًا خصبة لدراسة تنظيم فِرَق العمل المعقدة. ففي حالتَي بعثة "كاسيني"، وبعثة المريخ، عملت مجموعات كبيرة من العلماء، والمهندسين، والمديرين على تصميم روبوتات، وبنائها، وتشغيلها لإرسالها في بعثات إلى كواكب بعيدة عن كوكب الأرض، لكنها فعلت ذلك بطرق تختلف عن بعضها بعضًا اختلافًا جذريًّا. (استخدمت فيرتِسي اسمين حركيين للبعثتين، هما: "هيلين"، و"باريس"، وأسماءً مستعارة للباحثين فيهما، ربما رغبةً في الحفاظ على خصوصيتهم. وما على الخبراء في هذا المجال إلا تخمين تلك الشخصيات).

كانت بعثة "كاسيني"، التي أُطلِقت في عام 1997، وانتهت مع اقتحام الغلاف الجوي لكوكب زحل في عام 2017، محفوفةً بالمخاطر منذ البداية. عُدَّت البعثة من بين بعثات الكواكب الرئيسة لوكالة "ناسا"، إذ تكلّفت مليارات الدولارات، وعُلّقت عليها آمال كبرى، وأُطلِقت بالشراكة مع وكالة الفضاء الأوروبية، وهو ما ترتّب عليه محاولة التوفيق بين العديد من المصالح المتضاربة؛ للخروج بنظام متكامل يحقق أهدافه. وقد تبنّت البعثة مقاربَةً تعتمد على منظومة معقدة ربطت بين عدة فرق بحثية تركز على جانب محدد استُهدفت دراسته في نظام كوكب زحل (مثل حلقات الكوكب، وغلافه الجوي، وأقماره، إلخ). وعمل قادة البعثة على دمج تلك الأهداف معًا، وهو ما أسفر في كثير من الأحيان عن فِرَق عمل مختلفة، تتبادل في الأساس المساعدات لتحقيق أهدافها العلمية،



علماء بعثة "كاسيني" يراقبون مركبة فضاء البعثة وهي تغوص في الغلاف الجوي لكوكب زحل.

كأنْ يقول أحدهم: "يمكنك تصوير حلقات الكوكب في هذا الوقت، إذا استطعتُ تشغيل مطياف البلازما في وقت آخر".

وعلى النقيض، كان للمركبتين الجوّالتين "سبيريت" ، و"أوبورتيونيتي" اللتين أُطلقتا في عام 2003، وانقضت مهمتهما في عامَي 2010، و2018، باحثٌ رئيس واحد (هو ستيفن سكوايرز، من جامعة كورنيل في مدينة إيثاكا بولاية نيويورك، وإنْ كانت فيرتِسي قد رفعت عنه الحرج، وأطلقت عليه اسم "جيريمي"). وقد قاد سكوايرز فريق البعثتين، الذي كان أعضائه يشاركون بآرائهم لاتخاذ القرارات بصورة جماعية. وتعاوَن الباحثون في هاتين البعثتين معًا لتحديد نهج العمل المتبع، والاتفاق عليه، مثل اختيار الصخور المقرّرة دراستها لاحقًا، أو اختيار الاتجاه الذي ستسلكه المركبة الجوّالة.

وقد حقّقت بعثة "كاسيني" وبعثة المريخ نجاحًا ساحقًا، وأسفرتا عن اكتشافات جوهرية في علم الكواكب. ورغم ذلك، ترى فيرتِسي أن طبيعة هذه الاكتشافات شكّلتها طريقة طرح الباحثين للأسئلة.

فقد أسفرت بعثة "كاسيني" عن رؤى متعمقة لأقمار زحل وحلقاته، وأجزاء أخرى من هذا الكوكب من منظور وسائل محددة، مثل الدراسات باستخدام الرادار للتغيرات التي طرأت بمرور الوقت على البحيرات على قمر "تيتان"، أكبر أقمار زحل. أما مركبتا "سبيريت"، و"أوبورتيونيتي"، فقد أسفرتا عن اكتشافات

حول صخور، وكثبان رملية، وتضاريس أخرى محددة على سطح المريخ من منظور آلات عديدة. ويتيح النهج الأول معلومات في مناحٍ شتى على دفعات صغيرة، في حين أن النهج الثاني هو أكثر ميلًا إلى إتاحة مجموعة من المعلومات حول بيئات بعينها.

ومن هذا المنظور، تقدّم تلك البعثات دروسًا يمكن أن تستفيد منها فِرَق العمل بوجه عام. ولنأخذ مشاركة البيانات على سبيل المثال، حيث تحاجج فيرتِسي بأن بعثة المريخ تبنّت مفهوم البيانات المفتوحة، ليس لمجرد أنها بعثة مموَّلة من دافعي الضرائب، بل لأن ذلك هو ما فرضه الهيكل الأفقي لفريق البعثة. أما في حال بعثة "كاسيني"، فقد انتهى الحال بقائدة فريق التصوير بالوقوع في دائرة من العلاقات التي انعدمت فيها الثقة بينها وبين العلماء الآخرين عندما حاولت فرض سيطرتها فيما يتعلق بالصور الخاصة بفريقها.

وتشير فيرتِسي إلى أن التحيّز الجنسي المؤسّسي قد لعب دورًا على الأرجح في المصاعب التي واجهتها قائدة فريق التصوير (فقد قال أحد العلماء في المشروع إنه سيجعلها "تتصارع في الوحل" مع أحد الباحثين الذكور لحلّ مشكلة ما). وقد تقلّدت نساء أخريات مناصب عليا في بعثة "كاسيني"، لكن حدث ذلك مع اقتراب نهاية رحلة المركبة الفضائية، إذ كان مقبولًا أن تُشرِف النساء على بعثة قائمة بالفعل، لا على بعثة جديدة. ولحسن الحظ أن هذا الفِكر في طريقه إلى زوالٍ الآن؛ إذ تقود عالمة الكواكب إليزابيث تيرتل بعثة "دراجون فلاي" التابعة لوكالة "ناسا" إلى القمر "تيتان".

ومن بين الدروس المستفادة الأخرى، ما يتعلق بالتحديات التي تنطوي عليها إدارة مجموعة من الأفراد، لا يعملون في المكان نفسه، وهو تحد بات شديد الوضوح في ظل جائحة "كوفيد-19"، وفي نمط العمل القائم على المؤتمرات المرئية. وعلى سبيل المثال، على الرغم من أن فِرَق مراقبة البعثات تعمل كمركز تنظيمي، فإن كثيرين من علماء الفِرَق الأخرى بهذه البعثات يعملون عن بُعْد من مقارّ المؤسسات التي ينتمون إليها في بلدانهم. ويتنافس هؤلاء العلماء على السلطة من بعيد، وهو نمطٌ بات مألوفًا إلى حدٍّ كبير الآن. وقد تغلّب فريق بعثة "كاسيني" على تحديات العمل عبر بلدانٍ ومناطق زمنية مختلفة، من خلال تعزيز الشعور بالانتماء إلى مجتمع واحد في المؤتمرات الافتراضية، فكان أفراد الفريق يضعون صور المشاركين في المؤتمرات المرئية عن بُعْد على الجدران. وقد أتاح هذا النهج للعلماء خارج الولايات المتحدة فرصة المشاركة في مهمّة رائدة كهذه، ومنح باحثي "ناسا" فرصة الاستفادة من أفضل المواهب على مستوى العالم.

قد تكون هذه الدروس المستخلَصة مُجدية في حال المشروعات التعاونية التي تسعى للانطلاق؛ فتشير فيرتِسي إلى أن الشركات الناشئة في المجال التقني تميل إلى تفضيل المنظومات الأفقية التي تلتف حول قائد مُلهم واحد، على غرار منظومة بعثة المريخ. أما المؤسسات الأكبر حجمًا، مثل الجامعات التي تسعى للتوفيق بين مصالح عدة أقسام ومجالات، فهي تعمد عادةً إلى منظومة أشبه بتلك الخاصة ببعثة "كاسيني".

وفي النهاية، تجدر الإشارة إلى أن الاكتشافات العلمية التي أُزيح الستار عنها في البعثتين كانت نتاجًا مباشرًا لجهود الأفراد المشاركين فيهما. وأيًّا كان ما تكشَّف عن سطوع البحيرات على القمر "تيتان"، أو التكوين المعدني لصخرةٍ ما على كوكب المريخ، فإن الأفراد، سواء من المسؤولين عن المركبات الفضائية، أم ممن عملوا من خلف شاشات حواسيبهم، أم مَن شاركوا في عددٍ لا يُحصى من الاجتماعات عن بُعْد، كانوا المحرك الرئيس لما اكتشفته تلك الروبوتات التي تؤدي مهمتها بين الكواكب. وقد سرّني أنْ تعرفتُ على هؤلاء الأفراد عن كثب من خلال هذا الكتاب.

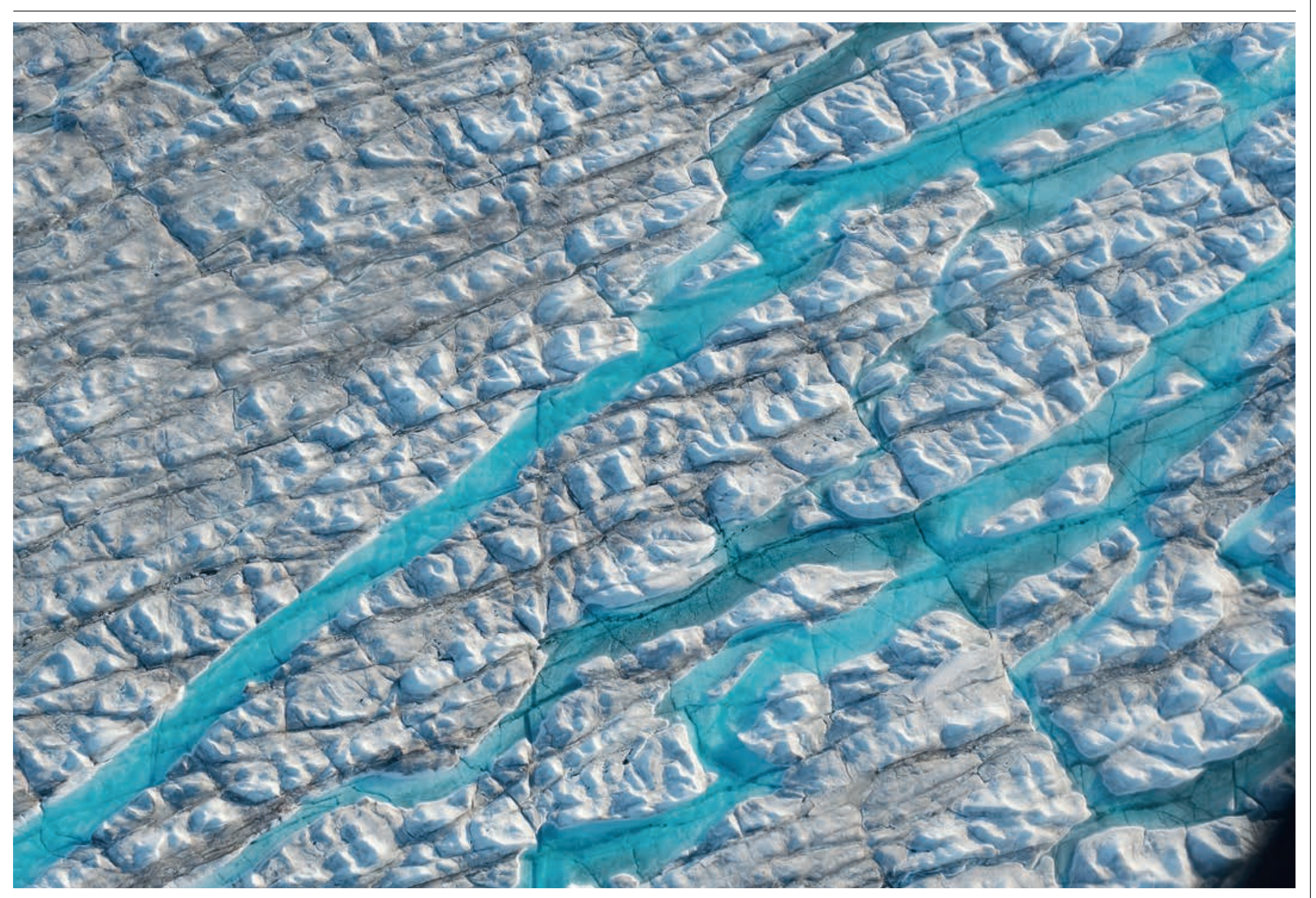
"تشكيل العلوم: منظومات العمل وصناعة القرار والثقافة في فِرَق ناسا البحثية"
جانيت فيرتِسي، مطبعة جامعة شيكاجو، عام 2020.

ألكساندرا ويتزي مراسِلة لدى دورية *Nature*، تقيم في مدينة بولدر بولاية كولورادو.

JOEL KOWSKY/NASA

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أنباء وآراء


SEAN GALLUP/GETTY

الشكل 1 | أنهار من ماء الجليد المنصهر تشق طريقها وسط صفيحة جرينلاند الجليدية.

علم المناخ

توقعات بانحسار جليدي أسوأ في صفيحة جرينلاند الجليدية

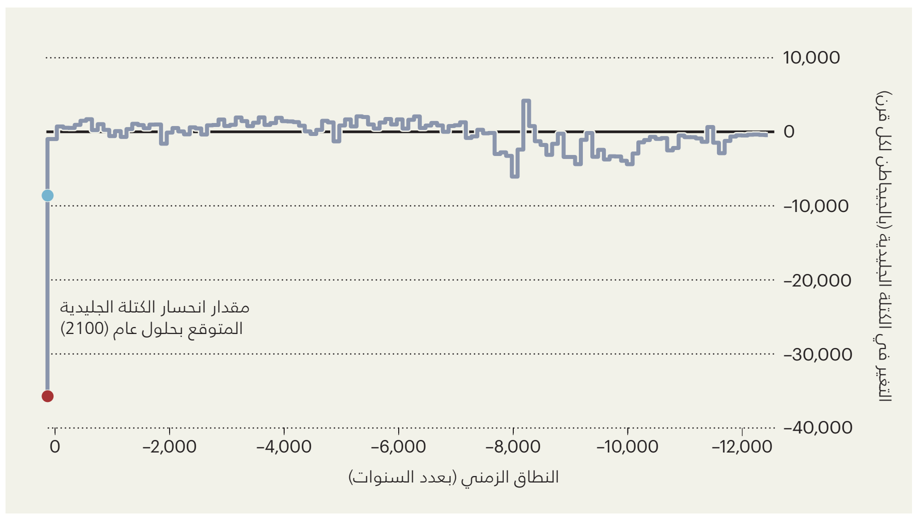
آندي أشواندن

يكشف تقييم انحسار الجليد في صفيحة جرينلاند الجليدية في الماضي، والحاضر، والمستقبل عن أن معدلات انحساره في القرن الواحد والعشرين ستربو بكثير عنها في أي نقطة زمنية سالفة على مدار 11,700 عام مضت.

يستمر ذوبان الجليد في صفيحة جرينلاند الجليدية بمعدل متزايد، بسبب ارتفاع درجة حرارة الهواء والمحيطات[1،2]. ويؤدي ذوبان جليد الصفيحة حاليًّا إلى تزايُد المتوسط العالمي لمنسوب سطح البحر بما يقرب من 0.7 ملِّيمتر سنويًّا؛ (انظر: go.nature.com/3mrkuw8)، لكنّ توقعات النماذج المناخية[3] تشير إلى احتمالية وصول هذا المعدل إلى ما بين 2 و7 ملِّيمتر سنويًّا بحلول عام 2100. وعلى الرغم من ذلك، لم يسبق تقييم المعدلات المرصودة والمتوقعة لذوبان الصفيحة الجليدية في سياق التغيرات الطبيعية التي تطرأ عليها. وفي بحث نُشر مؤخرًا في دورية *Nature*، أسنَد برينر وآخرون[4] هذه الفجوة المعرفية إلى محاكاة تطوُّر صفيحة جرينلاند الجليدية خلال عصر الهولوسين؛ أي على مدار 11,700 عام مضت. ويوضح الباحثون أنه على الرغم من أن معدلات الذوبان الحالية في الصفيحة الجليدية تضاهي أعلى معدلات الذوبان بها خلال عصر الهولوسين، فمِن المرجّح أن تزداد تلك المعدلات في المستقبل.

ويحدث الانحسار الحالي لحواف الصفيحة الجليدية بفعل انحسار قنوات الأنهار الجليدية الكبيرة، التي تنتهي بأودية خِلالية ضيقة تُنقص الأجزاء الداخلية من الصفيحة تدريجيًّا. وينتج هذا الانحسار عن ارتفاع درجة حرارة المحيطات، وسيستمر في لعب دور رئيس في فقدان الكتلة الجليدية بالصفيحة في القرن الواحد والعشرين[3]. بيد أن تدفق قنوات الأنهار الجليدية محكومٌ بالتكوين الهندسي للقنوات البحرية السفلية التي تمتد إلى حوالي 100 كيلومتر فقط في الأجزاء الداخلية للأنهار الجليدية الكبرى بالصفيحة. وهكذا، فإن مساحة الجزء الذي يتصل بالمحيط من الصفيحة الجليدية أقل بكثير من مساحة الجزء المعرّض للغلاف الجوي (الشكل 1). وعليه، فعلى مدار آلاف السنين، كان تأثير الظروف الجوية، مثل التغيرات في هطول الأمطار ودرجة حرارة الهواء، على مساحة الجليد بالصفيحة أكثر أهمية من تأثير انحسار الأنهار الجليدية المحيطية.

ولحساب مقدار تزايُد الجليد أو فقده سنويًّا خلال عصر الهولوسين، كانت الدراسات السابقة تعتمد عادةً على تقدير درجات حرارة الهواء السابقة من النسب القياسية



الشكل 2: انحسار الجليد في صفيحة جرينلاند الجليدية في الماضي والحاضر والمستقبل. وَضَعَ برينر وزملاؤه[4] نموذجًا للتغيرات في الكتلة الجليدية في غرب الجنوب الغربي بصفيحة جرينلاند الجليدية منذ 11700 عام مضت إلى عام 2100، ووجدوا أن انخفاض هذه الكتلة الجليدية قد حدث بوتيرة ثابتة نسبيًا بين 11700 و7000 عام مضت، ثم وصل إلى ذروته عند معدل يبلغ حوالي 6000 جيجاطن لكل مائة عام. وقد تضاءلت معدلات انحسار الجليد بعد ذلك إلى أن ارتفعت في العصر الحديث. ففي عصرنا الحالي، تنخفض الكتلة الجليدية بمعدل يقارب 6100 جيجاطن لكل 100 عام، غير أن المؤلفين يتوقعون أن معدلات انحسار الجليد ستتزايد أيضًا بشكل هائل في المستقبل، لتكون قد وصلت إلى معدل يتراوح بين 8800 جيجاطن (النقطة الزرقاء)، و35,900 جيجاطن (النقطة الحمراء) لكل 100 عام بحلول 2100. ويمثل الخط الرمادي في الشكل النسب المتوسطة في جميع عمليات المحاكاة التي أجراها المؤلفون.

(يرمز إليها بالرمز $\delta^{18}O$) لوفرة النظيرين المستقرين أكسجين-18، وأكسجين-16 في جزيئات المياه التي تشكل العينات اللُّبية الجليدية. ولأن المياه التي تحتوي على نظير الأكسجين المستقر ^{18}O، تتبخر بسرعة أقل، وتتكثف بصورة أسهل من تلك التي تحتوي على نظير الأكسجين المستقر ^{16}O، يمكن أن نستدلّ من خلال النسب القياسية لهذين النظيرين على درجة حرارة الهواء في الأوقات التي كانت تتساقط فيها الثلوج. وبعدها، يمكن استخدام نهج بسيط للتوفيق بين نماذج درجة حرارة الهواء في الماضي، ومعدلات هطول الأمطار في الوقت الحالي؛ للوقوف على معدلات الهطول في الماضي.

لكنّ برينر وزملاءه استخدموا نهجًا مختلفًا؛ فبدلًا من الاعتماد فقط على نماذج مناخية قائمة على النسب القياسية لهذين النظيرين، استعانوا بسجلات تاريخية للمناخ، نُشرت خلال هذا العام[5]، وجرى التوصل إليها من خلال الجمع بين نموذج مناخ يَعتمِد على محاكاة النسب القياسية للنظيرين، وقياسات سُمْك الصفيحة الجليدية المأخوذة من عينات جليدية لُبِّية. ويَحسِب نموذج المناخ هذا الذي استخدمه الباحثون التغيرات في معدلات الهطْل، استجابةً للتغيرات في شكل الصفيحة الجليدية، ويوفر تصورًا لمعدلات الهطول بشكل أفضل من الاكتفاء باستخدام نهج التوفيق بين نماذج درجة حرارة الهواء في الماضي، ومعدلات هطول الأمطار في الوقت الحالي.

استخدم المؤلفون هذه السجلات التاريخية في وضع نموذج لتطور غرب الجنوب الغربي من الصفيحة الجليدية باستبانة مكانية عالية إلى حدّ يكفي للكشف عن العمليات الفيزيائية الرئيسة هناك. وقد وقع اختيارهم على هذه المنطقة الصغيرة نسبيًّا لسببين؛ أولهما أن تقليل مساحة المنطقة الخاضعة للدراسة يقلل من التكاليف الحسابية التي تكون مرتفعة في حالة النمذجة باستبانة عالية. ثانيًا، يقع هذا الجزء من الصفيحة الجليدية فوق اليابسة؛ وهو ما يجعل وضع نموذج لتطوره أكثر سهولة، لأن الحدود البحرية تضيف بُعدًا آخر من التعقيد. ويُعتقد أن هذه المنطقة تمثل الصفيحة الجليدية بالكامل[6]، لكننا في انتظار تأكيد الأبحاث المستقبلية لذلك.

وباستخدام هذا النموذج، حدّد برينر وآخرون سلسلة زمنية للتغيرات التي طرأت على الحواف الجليدية للصفيحة الجليدية، تبدأ من 11,700 عام مضت، وصولًا إلى عام 2100. وبالنظر إلى الماضي، وجد المؤلفون أن الصفيحة الجليدية في غرب الجنوب الغربي قد انحسرت شرقًا بين 12 ألف عام، و7000 عام مضت، وبعدها كانت التغيرات التي طرأت عليها بمرور الزمن بسيطة. وفي ذروة انحسار الجليد بالصفيحة، كانت تتضاءل بمعدل يصل إلى 6000 جيجاطن كل 100 عام. وتشير السلسلة الزمنية للتغيرات التي طرأت على الصفيحة إلى أن معدل انحسار الجليد بها اليوم يضاهي ذاك المعدل، إذ يبلغ حوالي 6100 جيجاطن لكل 100 عام، لكن الأسوأ لم يأتِ بعد، فمن المتوقع أن يتراوح معدل انحسار الصفيحة الجليدية في القرن الواحد والعشرين بين 8800 و35,900 جيجاطن، استنادًا إلى معدلات الزيادة في تركيز غازات الدفيئة في الغلاف الجوي بمرور السنوات (الشكل 2). وقد يؤدي ذلك إلى ارتفاع مستوى سطح البحر ارتفاعًا يتراوح بين سنتيمترين، و10 سنتيمترات بحلول عام 2100.

> "أصبحنا الآن أقرب إلى وضع تنبؤات دقيقة وموثوقة لانحسار الجليد في صفيحة جرينلاند الجليدية"

ونظرًا إلى أن التوقعات الدقيقة لانحسار الجليد في صفيحة جرينلاند وصفيحة القارة القطبية الجنوبية في المستقبل لها أهمية مجتمعية كبرى، فمن المهم أن نتساءل عن مدى دقة النموذج الذي وضعه المؤلفون. وتُعَد المطابقة التاريخية إحدى الوسائل الجيدة لتقييم دقة النماذج؛ حيث يُختبر النموذج بإدخال بيانات حول أحداث تاريخية معروفة، أو حظيت بتقدير تقريبي لنرى إلى أي مدى تتطابق نتائج النموذج مع الملاحظات السابقة. وقد طبّق برينر وزملاؤه هذا النهج، وأوضحوا أن تقديراتهم لعصر الهولوسين تتفق مع بيانات النمذجة الجيولوجية المنشورة مؤخرًا لأماكن الحواف الجليدية لصفيحة جرينلاند في غرب الجنوب الغربي في عصر الهولوسين[7].

ويظل وضْع تصور دقيق لانحسار الجليد في العصر الحديث تحديًا صعبًا، لكنه ضروري لوضع تنبؤات موثوقة بشأن تأثير التغيرات المستقبلية في صفيحة جرينلاند على زيادة مستوى سطح البحر. فالنموذج الذي يبخس تقدير انحسار الجليد اليوم سيبخس على الأرجح أيضًا تقديره في المستقبل. ومع أن برينر وزملاءه يوضحون أنه يمكن لنموذجهم تتبُّع أماكن الحواف الجليدية للصفيحة خلال عصر الهولوسين، يجب أن تثبت الأبحاث المستقبلية أن النموذج قادر أيضًا على وضع تصور دقيق لانحسار الجليد في العصر الحديث، بل يجب في الواقع تقييم أي نماذج مستخدَمة لتقدير انحسار الجليد في المستقبل على أساس مدى مطابقتها للملاحظات التاريخية والمعاصِرة معًا.

وبفضل العمل الذي قام به برينر وزملاؤه، أصبحنا الآن أقرب إلى وضع تنبؤات دقيقة وموثوقة لانحسار الجليد في صفيحة جرينلاند الجليدية، حيث يتزايد يقيننا أيضًا الآن بأننا سنشهد معدلات غير مسبوقة لانحسار الجليد في صفيحة جرينلاند الجليدية، ما لم يحدث انخفاض كبير في انبعاثات غازات الدفيئة.

يعمل **أندي أشواندن** في معهد الجيوفيزياء في جامعة ألاسكا فيربانكس، مدينة فيربانكس، ألاسكا 99775، الولايات المتحدة.
البريد الإلكتروني: aaschwanden@alaska.edu

1. Hanna, E. *et al. J. Clim.* **21**, 331–341 (2008).
2. Holland, D. M., Thomas, R., de Young, B., Ribergaard, M. H. & Lyberth, B. *Nature Geosci.* **1**, 659–664 (2008).
3. Aschwanden, A. *et al. Sci. Adv.* **5**, eaav9396 (2019).
4. Briner, J. P. *et al.* Nature **586**, 70–74 (2020).
5. Badgeley, J. A., Steig, E. J., Hakim, G. J. & Fudge, T. J. *Clim. Past Discuss.* https://doi.org/10.5194/cp-2019-164 (2020).
6. Vaughan, D. G. & Arthern, R. J. *Science* **315**, 1503–1504 (2007).
7. Lesnek, A. J., Briner, J. P., Young, N. E. & Cuzzone, J. K. *Geophys. Res. Lett.* **47**, e2019GL083164 (2020).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

دَفْعُ الفقراء إلى المطالبة بفرض ضرائب على الأثرياء

كولين تريدو، وجون ديكسون

تكشف تجربة ميدانية عن أن الأفراد يصبحون أكثر ميلًا للمطالبة بفرض مزيدٍ من الضرائب على الأثرياء عند تذكيرهم بانعدام المساواة المستمر، من خلال تعريضهم لأحد مظاهر الثراء.

لانعدام المساواة المالية آثارٌ عديدة على أفراد المجتمع الأشدّ فقرًا، من بينها تدنّي مستوى المعيشة، وانخفاض متوسط العمر المتوقع[1]. على سبيل المثال، يقلّ متوسط عمر الأفراد الأشدّ فقرًا في إنجلترا بثماني سنوات ونصف السنة عن الأفراد الأكثر ثراءً[2]. فما الظروف التي قد تدفع هؤلاء الفقراء إلى المطالبة بالإنصاف؟ في بحث نُشر مؤخرًا في دورية *Nature*، يطرح ساندز، ودي كاد[3] هذا السؤال على سكان إحدى البلدان في جنوب أفريقيا، التي تُعَد أحد أكثر بلدان العالم تفاوتًا بين السكّان[4] (الشكل 1). وجد المؤلفان أن الناس في الأحياء ذات الأوضاع الاجتماعية والاقتصادية المتردية يكونون أكثر ميلًا لتأييد فَرْض المزيد من الضرائب على الأثرياء، عند تذكيرهم بانعدام المساواة التي يعيشونها.

بحثت الاستطلاعات والدراسات المخبرية للسلوك البشري باستفاضةٍ تأثير المعلومات المتعلقة بانعدام المساواة على استجابة الأفراد لمجموعة من العوامل، بدءًا من السخاء، حتى الثقة بالحكومة، لكنّ الأمر الذي لم ينل قدرًا كافيًا من الدراسة هو استجابة الأفراد لعوامل التذكير بانعدام المساواة على أرض الواقع. وعلى وجه الخصوص، تغيب تلك الدراسات الميدانية عن الدول البعيدة عن عالَم الغرب الثري.

هنا، ظهرت دراسة ساندز، ودي كاد، حيث اختار المؤلفان سبعة مواقع في بلدة سويتو، مستويات الثراء فيها أقل بنسبة 50% من المتوسط القومي، وتعاني في الوقت نفسه من ارتفاع مستويات التفاوت في الثروات بين السكّان. وضع المؤلفان سيارة فارهة في شارع مزدحم، وطلبا من المارّة التوقيع على إحدى عريضتين، وُزّعتا توزيعًا عشوائيًّا؛ إحداها تطالب بزيادة الضرائب على الأثرياء في جنوب أفريقيا، والأخرى تطالب باستبدال مصادر طاقة بديلة بالطاقة النووية. كانت السيارة غائبة عن المشهد تحت الظروف الضابطة للدراسة.

توصَّل الباحثان إلى استنتاجين مهمّين: أولًا، كانت احتمالية توقُّف المشاة وتوقيعهم إحدى العريضتين أقل بنسبة 9% في حالة وجود السيارة. ثانيًا، عند التحكم في هذا "الأثر القمعي" باستخدام الأساليب الإحصائية، زادت احتمالية توقيع المشاة الذين توقّفوا عريضة الضرائب بنسبة 11% عن توقيعهم العريضة المناهِضة لاستخدام الطاقة النووية في حالة وجود السيارة. استنتج ساندز، ودي كاد أن السيارة الفارهة تعمل كعامل تذكير بانعدام المساواة، وهو ما يدفع الأفراد إلى المطالَبة بتحقيق الإنصاف.

يقدّم المؤلفان بيانات داعمة من استبيان حول جودة الحياة[5]، أُجري خلال عام 2015، في مقاطعة جاوتنج التي تضم بلدة سويتو. كان أحد أسئلة الاستبيان عمّا إذا كان ينبغي رفع الضرائب المفروضة على الأثرياء، أم لا. وأشار الباحثون إلى أن الأشخاص الذين يعيشون في مناطق تعاني من انعدام المساواة (حيث تزداد احتمالية رؤيتهم لمظاهر الثراء في محيط كيلومتر واحد فقط من منزلهم) كانوا أكثر ميلًا لتأييد زيادة الضرائب، مقارنةً بمن يعيشون في أماكن أخرى. هذا، ولم يظهر هذا الأثر على نطاقات أكبر؛ أي في الأماكن التي وُجدت فيها اللامساواة على امتداد 5 أو 10 كيلومترات، على سبيل المثال.

توضّح دراسة ساندز، ودي كاد أن رسائل التذكير اليومية بانعدام المساواة تدفع الأفراد نحو أفعال المقاوَمة. فتركيزُهما على البيئات المصغّرة لانعدام المساواة له أهميته، ويتماشى مع المقترحات المقدَّمة منّا ومن غيرنا[6] حول دور البيئة المصغّرة في الفصل العنصري.

وكما هو الحال مع جميع الأبحاث، هناك بعض التحفظات التي يجب أن تؤخذ في الحسبان. وعلى سبيل المثال، وبسبب تصميم الدراسة، لم يُسأل الأفراد الذين استُوقفوا لتوقيع العريضة عمّا إذا كانوا قد لاحظوا السيارة، أم لا. ربما لم يُطرح هذا السؤال تفاديًا لحدوث انحياز في النتائج، لكن أحد الآثار المترتبة على ذلك هي أننا لا نستطيع الجَزْم بأن السيارة كانت سببًا في تذكير الأفراد بانعدام المساواة.

هناك أيضًا ثلاثة جوانب رئيسة في دراسة ساندز، ودي كاد، تستدعي مزيدًا من البحث، كي تُوضع النتائج في سياقها. يتعلق الجانب الأول بشكل المقاوَمة الذي انتهجه الأفراد اعتراضًا على انعدام المساواة في الدراسة. فقد طلب المؤلفان من الأفراد توقيع عريضة، وهو أحد أشكال المقاوَمة المعيارية، بمعنى أنه إجراء تقبله وتنظّمه السُّلطات. ورغم ذلك، فالمقاومة غير المعيارية، التي تتخذ صورة احتجاجات مجتمعية، والتي قد يغلب عليها العنف في بعض الأحيان، هي أمر شائع في جنوب أفريقيا؛ إذ تشير إحدى الدراسات إلى حدوث أكثر من 1,000 احتجاج في جنوب أفريقيا سنويًّا[7]. وعليه، فالفقراء في جنوب أفريقيا على دراية تامة بما هم فيه من انعدام المساواة، ولذا، لا يمكن الجَزْم بأن عوامل التذكير التي تحفز المقاومة المعيارية تُحْدِث أثرًا فارقًا في سلوك الأفراد ومَواقفهم. من ناحية أخرى، فإنه من الصعب أخلاقيًّا دراسة أشكال المقاوَمة غير المعيارية في الدراسات الميدانية. وأحد إنجازات ساندز ودي كاد أنهما توصلا إلى وسيلة لاختبار الطرق المقبولة أخلاقيًّا لتحفيز المقاومة المعيارية.

الجانب الثاني هو أن المؤلفَين ركّزا على انعدام المساواة على مستوى جزئيّ في بلدة سويتو. ولا شك أن هذا هو المستوى الذي يشعر عنده أغلب الأفراد الذين يعيشون في فقر بانعدام المساواة يوميًّا.



الشكل 1 | اللامساواة في جنوب أفريقيا. أوضح ساندز، ودي كاد[3] أن تعريض الأفراد لوسيلة تذكير بصرية بانعدام المساواة يجعلهم أكثر ميلًا إلى المطالبة بإعادة توزيع الثروات.

PER-ANDERS PETTERSSON/GETTY

وعلى الرغم من ذلك، تكاد بلدة سويتو تقتصر على السكّان السود من مواطني جنوب أفريقيا، في حين يظهر تفاوت الدخل بصورة أكبر بين مناطق البيض والسود، التي تشكل وسط جنوب أفريقيا الصناعي والأوسع نطاقًا. ومستقبلًا، سيكون من المفيد وضع نتائج المؤلفين ضمن السياق الأعمّ للتقسيم الطبقي العرقي والاضطهاد في جنوب أفريقيا. وينبغي على الباحثين التفكير فيما إذا كان وعي الأفراد بانعدام المساواة على المستوى الكلّي يؤثر هو الآخر في تحفيز المقاومة ضد انعدام المساواة، أم لا.

يتعلق الجانب الثالث بالمعنى الذي نُقل إلى الناس من استخدام السيارة الفارهة. فالمقارنات الاجتماعية، وانطباعات انعدام المساواة النابعة من مظاهر الثراء على المستوى الجزئي ليست معروفة، وإنْ كان ينبغي النظر إليها بعين الاعتبار إذا أردنا فهْم العمليات النفسية المؤثرة في السلوك الاجتماعي. فهل يمكن لسيارة فارهة أن تحفّز المقارنات بين الأفراد (من الظلم أن يقود الشخص ما سيارة كهذه)، أو المقارنات داخل المجتمع (هذه السيارة مملوكة على الأرجح لأحد أثرياء بلدة سويتو)، أو المقارنات العامّة بين الأغنياء والفقراء (الفجوة بين الأغنياء والفقراء في جنوب أفريقيا غير عادلة)، أو حتى المقارنات الأوسع نطاقًا بين الأعراق (كالمقارنات التي تذكّر السود بالفوارق الاقتصادية بين مجتمعات البيض والسود)؟ يمكن فك التشابك بين هذه الاحتمالات مستقبلًا من خلال إجراء مقابلات مع المشاركين في الدراسة مباشرةً، أو من خلال إجراء استبيانات مُحْكَمة الصياغة عقب الدراسة.

تتبنّى دراسة ساند، ودي كاد نهجًا مبتكرًا للإجابة عن سؤال مُهِم. فالتفاوت في الثروة أمر شائع في المجتمعات التي تعاني من انعدام المساواة، ومن الصعب أن نحدّد بالتجربة العملية العوامل التي من شأنها أن تثير أفعال المقاومة لدى الفقراء. وتوضح الدراسة الحالية أن الأشخاص الذين يعيشون في فقر يميلون إلى القيام بأحد أشكال المقاومة المعيارية، إذا ما دُفِعوا لذلك، لكنْ ليس واضحًا ما إذا كان بوسع هذا الفعل أن يسهم إسهامًا ملموسًا في إحداث تغيير دائم، أم لا، فضلًا عن دور الفصل الدائم بين مجتمعات الأغنياء والفقراء في عرقلة هذا التغيير. ربما يعمل هذا الفصل على إبقاء وسائل التذكير بانعدام المساواة كما هي؛ مجرّد تذكِرة.

كولين تريدو يعمل في قسم علم النفس في جامعة كيب تاون، رونديبوش 7701، جنوب أفريقيا.

جون ديكسون يعمل في كلية علم النفس بالجامعة المفتوحة، ميلتون كينز MK76AA، المملكة المتحدة.

e-mails: colin.tredoux@uct.ac.za
john.dixon@open.ac.uk

1. Wilkinson, R. & Pickett, K. *The Spirit Level* (Penguin, 2010).
2. Iacobucci, G. *Br. Med. J.* **364**, l1492 (2019).
3. Sands, M. L. & de Kadt, D. *Nature* **586**, 257–261 (2020).
4. World Bank. *The World Bank in South Africa* https://www.worldbank.org/en/country/southafrica/overview (2020).
5. Gauteng City-Region Observatory. *Quality of Life Survey IV* https://gcro.ac.za/research/project/detail/quality-of-life-survey-iv-2015 (2015–16).
6. Dixon, J., Tredoux, C., Durrheim, K., Finchilescu, G. & Clack, B. *Soc. Personal. Psychol. Compass* **2**, 1547–1569 (2008).
7. Alexander, P. *et al. S. Afr. Crime Q.* **63**, 27–42 (2018).

علم خواص المواد

دروس في الصلابة تقدمها لنا الخنافس الشيطانية

بو-يو تشِن

لاحظ باحثون وجود بِنى مثيرة للاهتمام، تربط بين أجزاء الدروع التي تتمتع بمقاومة كسر مذهلة في الخنافس الشيطانية المدرعة. وتتيح هذه الاكتشافات مقاربات جديدة لابتكار مفاصل صلبة ومتينة، لاستخدامها في التطبيقات الهندسية.

تتمتع الخنفساء االشيطانية المدرعة (*Phloeodes diabolicus*، في الشكل 1) بهيكل خارجي ذي متانة مدهشة، يتيح لها الصمود أمام هجمات المفترسات، ويجعلها لا تتأثر بدهس المشاة لها، ولا حتى سَحْق السيارات. وفي بحث نُشر مؤخرًا في دورية *Nature*، كشف ريفيرا وزملاؤه[1] سر مقاومة هذه الخنفساء للسحق. فقد توصل مؤلفو الدراسة، بالجمع بين تقنيات فحص مجهري متقدمة، واختبارات ميكانيكية، ومحاكاة حاسوبية، إلى أن مفاصل ذات طبقاتٍ متداخلة التعشيق، وتشكيلة من البِنَى الداعمة تربط بين الأجزاء المختلفة للهيكل الخارجي للخنفساء، وتُشَكِّل متانتها.

وغالبًا ما تُظهِر المواد الطبيعية، مثل تلك الموجودة في العظام، والأسنان، والأصداف، أداءً ميكانيكيًّا فريدًا ومثيرًا للإعجاب، إذ تجتمع فيها خواص معينة، مثل القوة، والصلابة، والقدرة على الالتئام الذاتي، على نحو لا يتحقق في المواد الهندسية التقليدية[2،3]. ويرجع تَميُّزها بهذه الخصائص في جانب منه إلى بِنْيتها التراتبية، فمكوناتها تتشكل من بِنى أو أنماط متكررة بنطاقات حجمية مختلفة، تتدرج من النطاقات الجزيئية، حتى تلك المرئية بالعين المجردة[4]. والأهم من ذلك، أن مناطق الاتصال البينية التي توجد بين عناصر بِنْيتها، في مختلف النطاقات الحجمية[5،6]، تنتج آليات تآزرية[7] تؤدي إلى تقوية الهيكل وجَعْله صلبًا. ولذلك بُذلت جهود كثيرة في تطوير مواد مركَّبة مؤلَّفة من بِنى تراتبية مستوحاة من الطبيعة[8].

وتتمثل إحدى هذه البِنى الملهمة في الهيكل الخارجي لمجموعة الكائنات الحية المنتمية إلى شعبة مفصليات الأرجل، التي تضم الحشرات واللافقاريات الأخرى ذات المفاصل، إذ يعمل الهيكل الخارجي لهذه الشعبة كدرع متعدد الوظائف، يتكون من ثلاث طبقات رئيسة: الخارجية منها تتألف من جُلَيْدة علوية مقاوِمة للماء، تليها طبقة تحتها تسمى الجُليدة الخارجية، ثم طبقتان أعمق تُعرَفان بالجُليدَتين الداخليتين. وتؤمِّن هاتان الطبقتان الداخليتان حماية ودعمًا ميكانيكيًّا للكائن اللتان توجدان فيه.

وفي هذه الجُليدات، تتحد جزيئات من عديد السكاريد -المعروف باسم "ألفا-كايتين" α-chitin- مع بروتينات، لتُكوِّن أليافًا تتجمع لتُشَكِّل بِنى حلزونية ملتفّة. ويصنع تراص الألياف هكذا في هذه البِنى الملتفّة تركيبًا دقيقًا متعدد الطبقات (صفائحيّ الطبقات) في الجُلّيدة. ويتسم هذا التركيب بالصلابة والقدرة على امتصاص الطاقة (أي يستطيع امتصاص طاقة التصادم)، كما يتحمل الإصابة ببعض التلف، بفضل قدرته على الانثناء والالتواء، واحتواء تفاقم الشروخ في مناطق الاتصال البينية الموجودة بين الطبقات[6،7]. بيد أن هذه الخواص الفطرية في الجُليدات الكايتينية ليست كافية لتفسير الصلابة المذهلة التي يتميز بها الهيكل الخارجي لهذه الخنفساء.



GETTY

شكل 1. حشرة مقاوِمة للسحق. تمتلك الخنفساء الشيطانية المدرعة *Phloeodes diabolicus* هيكلًا خارجيًا يبلغ من الصلابة حدًّا يُمكِّن الحشرة من البقاء على قيد الحياة، حتى إذا دهستها سيارة.

تمتلك الخنافس الطائرة جناحين أماميين قويين (جناحين غمديين)، وهما يحميان الجناحين الخلفيين اللذين يُستخدمان في الطيران، غير أن الخنفساء الشيطانية المدرعة فقدت القدرة على الطيران، وأصبح جناحاها الغمديان مثبّتَين إلى بعضهما البعض بشكل دائم، وذلك ما يوفر لها حماية ضد المفترسات. وقد أجرى ريفيرا وزملاؤه اختبارات لهياكل خارجية كاملة من هذه الخنافس، لقياس قدرتها على تحمل مقادير كبيرة من الضغط، بقصد فحص مدى صلابة هذه الهياكل.

وقد وجد الباحثون أن هذه الحشرات الصغيرة (طولها حوالي سنتيمترين) تستطيع أن تتحمل ضغطًا يصل حده الأقصى إلى 149 نيوتن، وهو ما يناظر تقريبًا وزنًا يبلغ 15 كيلوجرامًا. ويعادل هذا الوزن حوالي 39 ألف ضعف وزن جسم الخنفساء، ويربو هذا الضغط بمقدار عشر مرات تقريبًا على قوة العضّ التي تتمتع بها فكوك المفترسات المحتمَلة للخنفساء. وهذا يفوق أيضًا، بشكل ملحوظ، الوزن الذي قد تتحمله الهياكل الخارجية لثلاث خنافس برية أخرى تم اختبارها في تجارب الباحثين.

بعد ذلك، أجرى ريفيرا وزملاؤه تحليلًا لتركيب الهيكل الخارجي للخنفساء الشيطانية المدرعة، وقاموا بتوصيف الخصائص البنيوية الدقيقة له. وقد أظهرت التحاليل أن الهيكل الخارجي غني بالبروتين، لكنه لا يحتوي على فلزات غير عضوية (كما في حال الهياكل الخارجية للقشريات)، وأن الجُليدة الداخلية لهيكل الخنفساء تزيد في السُّمك بدرجة كبيرة عن سُمْك الطبقة المناظِرة لها في الحشرات الأخرى. وربما يعزز هذا السُّمْك قدرة الهيكل الخارجي على امتصاص طاقة الاصطدام، لكنه يظل غير كافٍ لتفسير صلابته.

وباستخدام تقنية تسمى "التصوير المقطعي الميكروي المحوسب"، واصل ريفيرا وزملاؤه عملهم، لينتهي بهم الحال إلى رصد بعض الصفات المدهشة في مناطق

الاتصال البينية في الهيكل الخارجي (الشكل 2)، تتمثل في وجود دعائم جانبية في هذه المناطق بين الجناحين الغمديين، والجُليدة البطنية (القشرة الصلبة للناحية السفلية للخنفساء)، إضافة إلى مفصل صلب يُعرف باسم "الدرز"، يضمّ الجناحين الغمديين معًا بصورة دائمة. وقد تبين أيضًا أن ثمة ثلاثة أنواع مختلفة من الدعائم الجانبية، توجد في مناطق بعينها، ممتدة من الأمام إلى الخلف في الهيكل الخارجي. ويصف الباحثون النوع الأول من هذه الأنواع الثلاثة بأنه متشابك على نحو يشبه تشابُك أصابع اليدين، والنوع الثاني بأنه يُشبه المزلاج. أما الثالث، فيوصف بأنه قائم بذاته، وذلك اعتمادًا على التركيب الهندسي لمناطق الاتصال البينية. ولا يوجد مثل هذا التباين في بِنْية مناطق الاتصال البينية عند الخنافس الأخرى، التي لا تمتلك في جسمها كله سوى الدعائم المتشابكة كالأصابع.

وقد فحص ريفيرا وزملاؤه الأداء الميكانيكي لهذه الأنواع الثلاثة من الدعائم الجانبية، باستخدام اختبارات ضغط ومحاكاة حاسوبية، ولاحظوا أن الدعائم المتشابكة كالأصابع هي الأقوى والأكثر صلابة عند التعرّض للضغط. وتتسم الدعائم التي تشبه المزلاج بأنها أقل صلابة، إذ تسمح بدرجة من التشوُّه، أو تغيُّر شكل الهيكل الخارجي، لا تتيحها الدعائم المتشابكة كالأصابع. وكشفت تقنية المسح بالمجهر الإلكتروني أيضًا أن السطوح التي تتلامس مع بعضها البعض في هذه الدعائم الشبيهة بالمزلاج مغطاة بكثافة بنتوءات دقيقة عصوية الشكل، وهو ما قد يعزز تشبُّث كل سطح بالآخر عند احتكاكهما ببعضهما البعض. أما الدعائم القائمة بذاتها، فهي ليست متصلة بقوة بالجناحين الأماميين الغمديين والجُليدة البطنية، ومن ثم تسمح للسطحين بالانزلاق بسهولة على بعضهما البعض عند التعرّض للضغط.

وقد استنتج الباحثون أن الدعائم المتشابكة كالأصابع، التي تتميز بالقوة والصلابة، تفيد في حماية الأعضاء الحيوية في جسم الخنفساء من السحق، بينما تسمح الدعائم القابلة للتطويع، التي تشبه المزلاج، وتلك القائمة بذاتها، بتغيير شكل الهيكل الخارجي، بحيث تستطيع الخنفساء أن تضغط جسدها لتمُرّ خلال شقوق الصخور، أو لحاء الأشجار. وتتمتع الصراصير بقدرة مشابِهة على تغيير شكلها، ألهمت تصميم روبوتات قابلة للانضغاط، تستطيع أن تحشر نفسها وتتحرك في فراغات ضيقة[9]. ويمكن استخدام مثل هذه الروبوتات للبحث عن الناجين في المباني التي تداعت بسبب الكوارث. والآن، ربما تغدو البِنى الداعمة المتنوعة وظيفيًّا، الموجودة في الخنفساء الشيطانية المدرعة، مصدرًا لاستلهام تصميمات لروبوتوتات قابلة للانضغاط، أو مركَّبات مدرعة.

وتتألف في العادة المفصلات بين الجناحين الغمدَيين في الخنافس الطائرة من بِنْية أشبه بالحز واللسان، تيسر الفتح والغلق المتكررَين للجناحين الغمديين في أثناء الطيران والهبوط[10]. وفي المقابل، فإن الدرز بين الجناحين الغمديين في الخنفساء الشيطانية المدرعة يحتوي على بِنى متشابكة تشبه أحجيات التركيب، تُعرف بالنصال (شكل 2). وقد درس ريفيرا وزملاؤه كيف يؤثر عدد النصال، وتركيبها الهندسي، وخواصها البنيوية الدقيقة، على الأداء الميكانيكي للدروز، وذلك باستخدام مزيج من المحاكاة الحاسوبية، إلى جانب اختبارات ميكانيكية لنماذج من هذه الدروز، صُنعت باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد.

وقد أفاد الباحثون بأن الدروز التي تحتوي على نصال ذات تراكيب هندسية إهليجية في الخنفساء الشيطانية المدرعة كانت بوجه عام أكثر صلابة من تلك التي تحتوي على نصال نصف كروية، أو مثلثة، في خنافس اليابسة الأخرى. وكانت الدروز التي تم إنتاجها بالطباعة ثلاثية الأبعاد، والتي تتألف من نصلين، هي الأكثر صلابة، بينما كانت تلك المكونة من خمسة نصال هي الأكثر مقاوَمة للتشوُّه، إذ تحملت أكبر قدر من الضغط قبل أن تتكسر. ولهذا السبب، فإن تحسين تركيب الدروز يتضمن الموازنة بين الصلابة، ومقاومة التشوُّه والكسر.

وأخيرًا، استطاع ريفيرا وزملاؤه صنع نصال تشبه أحجيات التركيب، ذات تركيب صفائحي دقيق، يحاكي تركيب الهيكل الخارجي للخنفساء، ثم قارنوا بينها وبين نوعين من النصال التي تفتقر إلى هذا التركيب الدقيق. وكانت النصال الصفائحية المستوحاة من الخنفساء أكثر صلابة من النوعين الآخرين، وامتصت قدرًا أكبر من طاقة الاصطدام.

والمفاصل التي يشيع استخدامها للربط بين المواد في التطبيقات الهندسية تتعرض غالبًا للكسر عند المنطقة الأقل سُمْكًا فيها، وهي المنطقة التي يتركز عندها إجهاد الشد، وهو ما يؤدي إلى فشل هيكلي كارثي مفاجئ[11]. وفي المقابل، فإن النصال المستلهَمة من تركيب الخنفساء البيولوجي، التي صنعها ريفيرا وزملاؤه، أدى تعريضها لإجهاد شَدّ إلى انفصال طبقات منها، وهو ما تَسبَّب في إحداث تمدد جانبي لمنطقة عنق النصل، بحيث أمكن للنصال المتشابكة أن تتشابك ببعضها البعض على نحو أكثر إحكامًا.

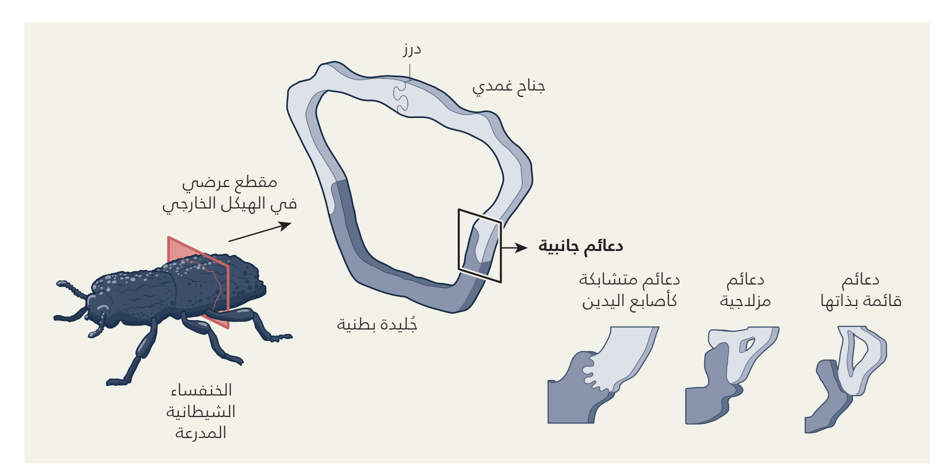
ويتسم انكسار النصال الصفائحية بأنه يحدث بصورة أكثر تدرجًا، ويمكن التنبؤ به على نحو أفضل، مقارنة بانكسار المفاصل المستخدَمة في التطبيقات الهندسية، وذلك لأن كسور النصال الصفائحية تُكوّن في البداية شروخًا غير متفاقمة عند أطرافها. ومن ثم، إذا قُدِّر لهذه النصال المستلهَمة من التركيب البيولوجي للخنفساء أن تُستخدَم في صنع مواد تعمل كمفصلات في التطبيقات العملية، سيكون بالإمكان فحص هذه المواد بانتظام، بقصد منع حدوث هذه الشروخ، ومنع وصولها إلى درجة الكسر التام، وبالتالي، من شأن تلك النصال أن تكون آمنة وموثوقة بدرجة أكبر من المواد التي تُستخدم في صنع المفاصل حاليًّا، غير أننا ما زلنا بحاجة إلى إخضاع تلك النصال التي صنعها ريفيرا وزملاؤه لمزيد من الدراسة، لتحديد خصائصها عند التعرّض للضغط، والثني والالتواء، على سبيل المثال، من أجل اكتشاف طرق تعرُّضها للإجهاد بمرور الزمن، قبل النظر في إمكان استخدامها في التطبيقات.

ويركز عمل هؤلاء الباحثين بشكل رئيسي على الأداء الميكانيكي في النطاقات الحجمية، التي تتراوح من النطاق الملِّيمتري إلى النطاقات المرئية بالعين المجردة، مع الأخذ في الاعتبار سلوك مناطق الاتصال البينية، والتراكيب الصفائحية الدقيقة للجناحين الغمديين بالخنفساء الشيطانية المدرعة، غير أن تأثير الخصائص البنيوية عند المستويات التراتبية المنخفضة (أي نطاقات الأحجام الأصغر) على الجناحين الغمديين يظل بحاجة إلى مزيد من الدراسة، باستخدام تجارب ونماذج ذات نطاقات حجمية متعددة. وربما تعمل التقنيات الحديثة[12]، التي تَستخدم الذكاء الاصطناعي وتعلُّم الآلة، على إسراع وتيرة البحث عن مواد ذات بِنى تراتبية، بالاستناد إلى المعلومات التي تم استقاؤها من خصائص الجناحين الغمديين لهذه الخنفساء، اللذين يتفوقان في خصائصهما الميكانيكية على المواد المتاحة حاليًّا فيما يخص التطبيقات الهندسية.

وفي الوقت ذاته، تُعَد مقاربة ريفيرا وزملائه، التي تدمج بين الطرق المتطورة لتحديد الخصائص، والاختبارات الميكانيكية، وعمليات المحاكاة، والطباعة ثلاثية الأبعاد، بمثابة نموذج تنطلق منه دراسات مواد طبيعية أخرى مبهِرة تملك هذا التكوين المعقد. كما يبين عمل أولئك الباحثين أنّ علينا ألا نستهين أبدًا بقدرات الحشرات.

بو-يو تشِن يعمل في قسم علوم المواد والهندسة في جامعة تسنج هوا الوطنية، سين شو 300044، تايوان، جمهورية الصين.
البريد الإلكتروني: poyuchen@mx.nthu.edu.tw

1. Rivera, J. *et al. Nature* **586**, 543–548 (2020).
2. Meyers, M. A., McKittrick, J. & Chen, P.-Y. *Science* **339**, 773–779 (2013).
3. Chen, P.-Y., McKittrick, J. & Meyers, M. A. *Prog. Mater. Sci.* **57**, 1492–1704 (2012).
4. Naleway, S. E., Porter, M. M., McKittrick, J. & Meyers, M. A. *Adv. Mater.* **27**, 5455–5476 (2015).
5. Dunlop, J. W. C., Weinkamer, R. & Fratzl, P. *Mater. Today* **14**, 70–78 (2011).
6. Barthelat, F., Yin, Z. & Buehler, M. J. *Nature Rev. Mater.* **1**, 16007 (2016).
7. Huang, W. *et al. Adv. Mater.* **31**, 1901561 (2019).
8. Yaraghi, N. A. & Kisailus, D. *Annu. Rev. Phys. Chem.* **69**, 23–57 (2018).
9. Jayaram, K. & Full, R. J. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **113**, E950–E957 (2016).
10. Sun, J. & Bhushan, B. *RSC Adv.* **2**, 12606–12623 (2012).
11. Malik, I. A., Mirkhalaf, M. & Barthelat, F. *J. Mech. Phys. Solids* **102**, 224–238 (2017).
12. Gu, G. X., Chen, C.-T., Richmond, D. J. & Buehler, M. J. *Mater. Horiz.* **5**, 939–945 (2018).



شكل 2. مفاصل ومناطق اتصال بينية صلبة. تبيِّن الدراسة التي قام بها ريفيرا وزملاؤه[1] أن نوعية المفاصل والدعائم الموجودة في الهيكل الخارجي للخنفساء الشيطانية المدرعة تساعد على تفسير مقاومة الحشرة المذهلة للسحق. فهناك مفصل يُعرف باسم "الدرز"، يربط بإحكام بين جناحي الحشرة الأماميين القويين (الغِمْديين). ويتكون الدرز من بِنى إهليجية متشابكة تسمى "النصال". ويعزز هذا التركيب المتشابك، إلى جانب البِنى الدقيقة متعددة الطبقات للنصال (التي لا تظهر في الصورة)، من صلابة الدرز. وهناك ثلاثة أنواع من الدعائم الجانبية التي تصل بين الجُلَيْدة البطنية للحشرة، والجناحين الغمديين، هي دعائم متشابكة كالأصابع، ودعائم مزلاجية، ودعائم قائمة بذاتها. وتتميز المفاصل ذات الدعائم المتشابكة كالأصابع بأنها الأصلب والأقوى تحت الضغط، بينما تتيح الدعائم المزلاجية والقائمة بذاتها تغيُّر شكل الهيكل الخارجي عند تعرضه للضغط.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ملخصات الأبحاث

تفاعل «ألدر-إين» إنزيمي

أحد التحديات التي ما زالت تواجه بحوث الكيمياء يتمثل في تصميم مُحفِّزات قادرة على الانتقاء من بين نواتج التفاعلات بين الجزيئات المعقدة. يعتمد الكيميائيون على المحفزات العضوية، أو المحفزات الفلزية الانتقالية للتحكم في ثلاث صور من الانتقائية، هي: الانتقائية الفراغية، والانتقائية الموضعية، والانتقائية حول الحلقية (يُقصد بها القدرة على الانتقاء من بين التفاعلات حول الحلقية المحتملة). وتتحقَّق صور الانتقائية الثلاث في الطبيعة عبر مجموعةٍ متنوعة من الإنزيمات، مثل عائلة مُحفِّزات التفاعلات حول الحلقية المُكتَشفة حديثًا. ومع ذلك، فإن غالبية التفاعلات الإنزيمية حول الحلقية التي وصَّفتها الدراسات تركَّزَتْ حول تفاعلات الإضافة الحلقية، وكان من الصعب تفسير كيفية تحقُّق صور الانتقائية المرصودة.

وفي هذا البحث المنشور، يفيد الباحثون باكتشاف مجموعتين متجانستين من مُحفِّزات التفاعلات حول الحلقية، تحفز كل منهما فئة مختلفة من التفاعلات. تحفز المجموعة الأولى تفاعلًا من تفاعلات "ألدر-إين" لم يكن معروفًا من قبل في علم البيولوجيا، على حد علم الباحثين، بينما تحفز المجموعة الثانية أحد تفاعلات "ديلز-ألدر" المتمايزة، التي تتسم بانتقائية فراغية. وقد فسَّر الباحثون الاختلافات المرصودة في معدلات التفاعل، مسترشدين بالدراسات الحَوسبية، وصمَّموا إنزيماتٍ طافرة تعكس الانتقائية حول الحلقية، لتُحوِّل التفاعل من تفاعل "ألدر-إين" إلى تفاعل "ديلز-ألدر" متمايز، والعكس.

وهكذا، يتبيَّن أنه بالجمع بين الدراسات الحوسبية، ودراسات الطفرات، إلى جانب التوصيفات الكيميائية البيولوجية المخبرية، والبِنى البلُّورية المشترَكة الإنزيمية، يمكن توضيح كيفية تحقُّق درجة عالية من الانتقائية حول الحلقية، والانتقائية الموضعية في مواقع نشطة شبه متطابقة.

M. Ohashi *et al*.
doi:10.1038/s41586-020-2743-5

ابتكار طبقة تناسُق سطحيّ لإخماد أكسدة النحاس

نظرًا إلى ما يمتاز به النحاس من قدرة عالية على التوصيل الحراري والكهربي، فضلًا عن ليونته، وانعدام سُمِّيته بوجهٍ عام، فإنّ له تطبيقات واسعة النطاق في الحياة اليومية، مثلما هي في الصناعة، لا سيما في التقنيات المضادة للأكسدة، غير أن الكثير من التقنيات المقاوِمة للأكسدة الشائعة، مثل تشكيل السبائك، والطلاء بالكهرباء، غالبًا ما يؤدي إلى تَراجُع بعض الخواص الفيزيائية للمعدن (مثل التوصيل الحراري، والتوصيل الكهربي، واللون)، ما يؤدي إلى اللجوء إلى بعض العناصر الضارة، مثل الكروم، والنيكل.

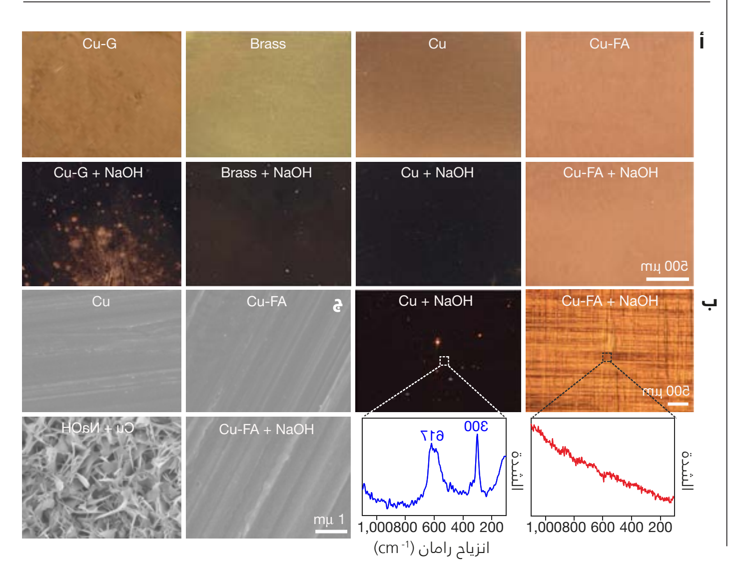
وقد سبق أن بُذلت محاولات ترمي إلى ابتكار تقنيات لإخماد فاعلية السطح باستخدام جزيئات عضوية، أو مواد غير عضوية، أو مواد تعتمد على الكربون كمُثبِّطات لعملية الأكسدة، إلا أن النجاح في تبنِّي تطبيقاتها على نطاق واسع لا يزال محدودًا. وقد أشار الباحثون سابقًا إلى عملية التوليف الحراري في وجود مُذيب لصفائح نانوية من النحاس مستقرة هوائيًّا، وذلك باستخدام الفورمات كعامل اختزال.

وفي البحث المنشور، يكتشف الباحثون أن المعالجة الحرارية للنحاس باستخدام مُذيب، وفي وجود فورمات الصوديوم، يَنتُج عنها تكوُّن بِنْية بلورية لسطح النحاس، وتشكيل طبقة تناسُق للسطح فائقة الرقة. كما يوضح الباحثون أن إجراء هذا التعديل على السطح لا يؤثر على قدرة النحاس التراكمية على التوصيل الكهربي والحراري، لكنه يُولِّد مقاومة عالية للأكسدة في الهواء، كما يؤدي إلى إنتاج الرذاذ الملحي، ومادة قلوية.

وإضافةً إلى ذلك، وضع الباحثون بروتوكولًا للتوليف الكهروكيميائي السريع عند درجة حرارة الغرفة. وقد أظهرت المواد الناتجة بالمثل أداءً قويًّا فيما يتصل بعملية الإخماد آنفة الذكر. كما نجحوا في رفع مقاومة الأكسدة في سطوح النحاس عن طريق إدخال لُجينات الألكانيثول، بحيث يحدث تنسيق بينها وبين الخطوات أو مواضع الخلل غير المحمية بطبقة الإخماد.

ويُبيِّن الباحثون أن ظروف المعالجة الطفيفة تجعل هذه التقنية قابلة للتطبيق على النحو الذي يتيح إعداد المواد النحاسية المستقرة هوائيًّا في صورٍ مختلفة (مثل الرقاقات، والأسلاك النانوية، والجسيمات النانوية، والمعاجين) بكميات كبيرة. ويتوقع الباحثون أن تسهم تقنيتهم المبتكرة في توسيع نطاق التطبيقات الصناعية للنحاس.

J. Peng *et al*.
doi:10.1038/s41586-020-2783-x



الشكل أسفله | الخواص المقاوِمة للتآكل، التي تمتاز بها رُقاقات النحاس، بعد معالجتها بالفورمات. أ) صور فوتوغرافية لرقاقة نحاس مُعالَجة بالفورمات (Cu-FA)، رُقاقة نحاس، رُقاقات نحاس أصفر ورُقاقات نحاس أحمر مُغلفة بالجرافين (Cu-G) قبل (في الأعلى)، وبعد (في الأسفل) التعرض لهيدروكسيد الصوديوم (NaOH) بتركيز 0.1 مولار لمدة ثماني ساعات. ب) صور بالمجهر الضوئي، وما يقابلها من أطياف رامان لرقاقة نحاس معالجة بالفورمات (على اليسار)، ورُقاقات النحاس (على اليمين)، التُقطت بعد التعرض لهيدروكسيد الصوديوم لمدة ثماني ساعات. ج) صور بالمجهر الإلكتروني الماسح لرُقاقات نحاس معالجة بالفورمات، ورُقاقات النحاس قبل التعرُّض لهيدروكسيد الصوديوم (في الأعلى)، وبعده (في الأسفل) لمدة ثماني ساعات.

تغيير استعمال مركّبات دوائية لعلاج «كوفيد-19»

أدّى ظهور الفيروس الجديد المعروف باسم "فيروس كورونا 2 المسبب للمتلازمة التنفُّسية الحادة الوخيمة" -ويسمَّى اختصارًا (سارس-كوف-2)- في عام 2019 إلى انتشار وباء "كوفيد-19" العالمي، الذي ما زال مستمرًّا، والشبيه بالالتهاب الرئوي الحاد. ومن المحتمل أن يستغرق تطوير لقاح لهذا المرض فترة تتراوح ما بين 12 شهرًا، و18 شهرًا على الأقل. وفي المعتاد، يمكن أن يتجاوز الإطار الزمني للتصريح بنهج علاجي جديد مضاد لأحد الفيروسات عشر سنوات. ومن ثم، فإن تغيير استعمال بعض الأدوية المعروفة من شأنه أن يُعجِّل بصورة ملموسة من استخدام علاجات جديدة لمواجهة "كوفيد-19".

وفي البحث المنشور، يوصِّف الباحثون مجموعة من العقاقير، تغطي ما يقرب من 12 ألف جزيء صغير، ما تزال في طور التجارب الإكلينيكية، أو صرحت بها إدارة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA)، وذلك بغرض تحديد أدوية واعدة كعلاج لمرض "كوفيد-19". ويفيد الباحثون كذلك بتعرُّفهم على مائة جزيء تمنع تنسخ فيروس "سارس-كوف-2"، بما في ذلك 21 عقارًا تُظهِر علاقة

بين جرعاتها، والاستجابة لها.

ومن بين هذه العقاقير، وجد واضعو الدراسة 13 عقارًا تحتوي على تركيزات فعالة تتناسب مع الجرعات العلاجية التي يُحتمل الوصول إليها في المرضى، بما في ذلك مثبط الكيناز PIKfyve المعروف باسم "أبيليمود"، وأربعة مثبطات لبروتياز السيستين، هي: MDL-28170، وZ LVG، وCHN2، وVBY-825، وONO 5334.

وجدير بالذكر أن الباحثين قد وجدوا أن المُثبِّطات الثلاثة (MDL-28170، و ONO 5334، والأبيليمود) كلها تقاوم التنسخ الفيروسي في الخلايا البشرية الشبيهة بالخلايا الرئوية المشتقة من الخلايا الجذعية المُستحثَّة متعددة القدرات. كما أظهر عقار "أبيليمود" فعالية مضادة للفيروسات في نموذج أولي مستزرع لرئة إنسان.

ونظرًا إلى أن معظم الجزيئات المُحدَّدة في هذه الدراسة قد وصل بالفعل إلى مرحلة التجارب الإكلينيكية، فإن الخصائص الدوائية والمتعلقة بأمان الإنسان المعروفة لتلك المُركَّبات سوف تجعل بالإمكان تسريع إجراءات التقييم قبل الإكلينيكي والإكلينيكي لهذه الأدوية، وذلك بغرض استخدامها لعلاج مرض "كوفيد-19".

L. Riva *et al*.

doi:10.1038/s41586-020-2577-1

بوابات منطقية كَمِّية بصرية متعددة الأيونات

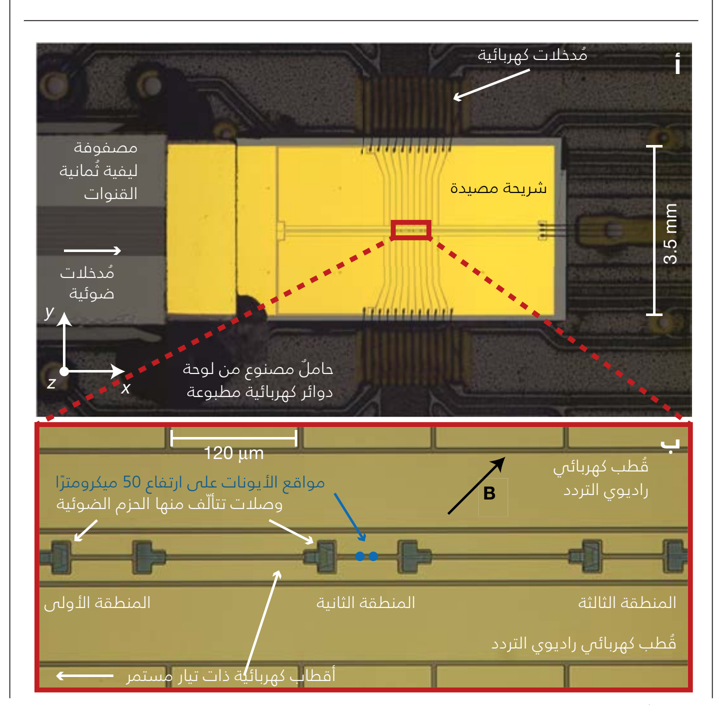
يتطلَّب إجراء مُعالجةٍ عَملية وفعَّالة للمعلومات الكمية إدخال تحسيناتٍ كبيرة على الأنظمة الحالية، سواءٌ في معدلات خطأ العمليات الأساسية، أم في نطاق عمل الأنظمة بوجهٍ عام. صحيحٌ أنَّ الخواص الأساسية للبِتَّات الكَمِّية (qubits) المُفردَة المستقرة في المصيدة الإلكترونية تحمل فُرصًا واعدةً للأنظمة طويلة المدى، إلا أن العناصر البصرية المستخدَمة في التحكُّم الدقيق تُشكِّل عائقًا أمام التحكم في نطاق عمل الأنظمة. ويمكن للبصريات المُصنَّعة عن طريق ما يُعرف بالعملية المستوية (وهي العملية الأساسية في تصنيع مكونات الترانزستور)، المُدمَجة داخل أجهزة مصائد الأيونات، أن تُعزِّز قوة هذه الأنظمة وقابليتها للاتزان في آنٍ واحد، حسبما أشارت دراسات سابقة أُجريت على الأيونات المُفردَة.

وفي البحث المنشور، يستخدم الباحثون عناصر بصرية قابلة لتعديل الحجم، مُصَنَّعة تصنيعًا مُدمَجًا مع مصيدة أيونات ذات أقطاب كهربائية تقع في مستوى واحد، بغرض ابتكار بواباتٍ منطقية كمية عالية الدقة، ومتعددة الأيونات. وغالبًا ما تتمثَّل هذه البوابات في العناصر المُحدِّدة في تكوين ظاهرة التشابك الكمّي الدقيق واسع النطاق، الذي يحظى بأهمية محوريّة في الحوسبة الكمية، إذ يجري توصيل الضوء بكفاءةٍ إلى شريحة مصيدة في بيئةٍ مُبرَّدة، عَبر اقتران ليفيّ مُباشِر على قنوات متعددة، مما يُغني عن الحاجة إلى تجميع الأشعة الضوئية في حزمة واحدة، ومحاذاتها في أنظمة فراغية وأجهزة مُبرّدة، وهو ما يُضفي متانةً على الاهتزازات وانحرافات توجيه الحزمة. مِن شأن هذا أن يُتيح للباحثين استخدام أشعة الليزر في تبريد حركة الأيونات إلى حالة الطاقة الدنيا، وتنفيذ بواباتٍ تولِّد حالاتٍ متشابكة ثنائية الأيونات بمستويات دقَّةٍ تتجاوز 99.3%.

يخلُص هذا البحث إلى تصميم جهازٍ يُقلِّل الضوضاء والانحرافات في البوابات المنطقية الكَمِّية الحساسة، ويتيح في الوقت نفسه طريقةً لإكساب المعالجات الكمية عالية الدقة توازيًا عَمَليًّا. وربما يمكن لبعض الأجهزة المشابِهة أن تُستخدَم في تطبيقاتٍ في مجال الاستشعار، وضبط الوقت الكَمّي القائم على الذرات، وكذلك القائم على الأيونات.

K. Mehta *et al*.

doi:10.1038/s41586-020-2823-6



الشكل أسفله | مُخطط عام للجهاز. أ) صورة بالمجهر الضوئي لجهاز مصيدة الأيونات المُجمَّع، يحمل مصفوفةً ليفية ذات ثماني قنوات متصلة به، وتمتد الألياف البصرية من الجهاز إلى موصِّلٍ فراغي، مع تلقِّي مُدخلات ضوئية عبر موصلات قياسية خارج غرفة التفريغ. ب) مُخططٌ ذو درجة تكبيرٍ أعلى يوضِّح الجزء القريب من المصيدة، مُظهِرًا فتحات الأقطاب الكهربائية التي تتلقى الضوء من وصلاتٍ أدلة موجية عند مناطق المصيدة الثلاث (استُخدِمَت المنطقة الثالثة في التجارب المقدمة في هذا البحث).

الجينومات الإفريقية تكشف بعض أسرار هجرة البشر

تُعد قارة إفريقيا مهد الإنسان الحديث، وتنطوي الجينومات الإفريقية على تبايُن جيني يفوق مثيلاتها في أي قارة أخرى، غير أن الدراسات لم تشمل سوى نسبة ضئيلة من هذا التنوع الجيني بين الأفراد الأفارقة.

وفي البحث المنشور، أجرى الباحثون تحليلات لتسلسل الجينوم الكامل الخاص بأشخاص أفارقة، بلغ عددهم 426 شخصًا، ينتمون إلى 50 مجموعة إثنية ولغوية، من بينها مجموعات لم يسبق أخذ أي عينات منها، بهدف بحث مدى التنوع الجينومي على مستوى القارة. وقد أزاح الباحثون الستار عما يزيد على ثلاثة ملايين تنوع جيني لم يجرِ توصيفه من قبل، اكتُشِفت معظم تلك التنوعات بين أفرادٍ ينحدرون من مجموعات إثنية ولغوية حصل الباحثون على عينات منها في دراسات حديثة، إضافةً إلى 62 موقعًا كروموسوميًا لم يسبق تسجيلها، وتخضع لدرجةٍ عالية من الانتقاء. عُثر على هذه المواقع الكروموسومية بشكل أساسي في جيناتٍ ذات صلة بالمناعة الفيروسية، وإصلاح الحمض النووي، وعملية الأيض. كما رصد الباحثون أنماطًا معقدةً من المزج السلالي، والتنوع الذي يفترض أن يكون له تأثير مُدمِّر، إلى جانب التنوّع الحديث، وذلك داخل المجموعة الواحدة، وفيما بين المجموعات على حد سواء. وإضافةً إلى ذلك، وقع الباحثون على أدلة تفيد بأن المجموعات التي تنتمي إلى زامبيا كانت تمثِّل على الأرجح مستوطنين يعيشون خارج التجمُّعات السكانية، على امتداد طرق التوسع للمجموعات الناطقة بلغة البانتو.

وقد كانت تنويعات العوامل المُمرِضة في الجينات التي تُوصف حاليًا بأنها ملائمة من الناحية الطبية، غير شائعة. ولكن في حالة جينات أخرى، كثُرت التنويعات التي توصف في قاعدة بيانات "كلينفار" ClinVar بأنها "عوامل مُمرِضة على الأرجح".

إن هذه النتائج تصقل في جملتها فهمنا الحاليَّ لأحداث الهجرة في القارة الإفريقية، وتُحدِّد التدفق الجيني، وطبيعة الاستجابة للأمراض البشرية، بوصفهما عوامل قوية، توجه تنوع المجموعات البشرية على مستوى الجينوم. كما أنها تؤكّد أنَّ ثمة ضرورة علمية للتوسع في فحص التنوع الجينومي عند الأفارقة؛ من أجل الاقتراب من فهم أسلاف البشر من جهة، ولتعزيز الصحة من جهةٍ أخرى.

A. Choudhury *et al*.

doi:10.1038/s41586-020-2859-7

غياب المساواة وفرض ضرائب على الأثرياء

كشفت الدراسات النفسية عن أنَّ المقارنات الاجتماعية التي يعقدها الأفراد بينهم وبين أقرانهم، أو غيرهم، هي ما تُوَجِّه سلوكهم. وتتزايد احتمالات عَقْد مثل هذه المقارنات في ظلِّ غياب المساواة على الصعيد العالمي. ففي حياتنا اليومية، يمكن لبعض المؤشرات الدالَّة على طبقة اجتماعية بعينها أن تجعل التفاوت في المستوى الاقتصادي أشدَّ وضوحًا.

وفي البحث المنشور، يوضِّح

الباحثـون أنَّ تعرُّض الأفراد المنتميـن إلـى الشـريحة الاجتماعية والاقتصادية الدنيـا لهذا النوع من غياب المسـاواة في الوسـط الاجتماعـي المحيط بهم يُعزِّز تأييدهـم لإعـادة توزيع الثروة.

صمَّم الباحثـون تجربـةً ميدانية خاضعةً لتأثيـر الإيحاء الوهمي، أُجريَـتْ في بعـض أحياء دولة جنوب أفريقيـا. ضمَّت التجربـة أفرادًا ينتمون إلى الشريحة الاجتماعية والاقتصادية الدنيا، من أجـل محاكاة التعرُّض الواقعـي لغياب المسـاواة في حياتهم اليومية، وذلك من خلال الاسـتعانة بسيارةٍ فارهة مُختارة عشـوائيًّا، تمثل سيارات أفراد الطبقات العُليا.

فـي هذه التجربة، طُلِبَ من بعـض المارَّة التوقيع على عريضةٍ تُطالِـب بزيادة الضرائب المفروضة على الأثرياء، من أجل المسـاعدة فـي إعادة توزيع الثروة. وقد رصد الباحثـون زيادةً بلغت 11 نقطة مئوية في احتمالية التوقيع على العريضة حينما يكون الشـخص واقعًا تحت تأثير التعرُّض لغياب المسـاواة، مع وضـع تأثير إيحاء التجربة الوهمي في الحسـبان. فقد تبيَّن للباحثين أن تأثيـر الإيحاء الوهمي يتجاوز احتمالية توقيع الفرد على العريضة فـي العموم، وهو ما يتفق مع الأدلة القائلـة إنّ المقارنة الاجتماعية مع طبقاتٍ أعلى تقلِّل الفاعلية السياسـية.

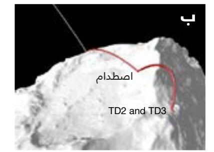
وقـد رُوعي في تنفيـذ هذه التجربة اتخـاذ بعض التدابير التي من شـأنها إبراز غياب المسـاواة الاقتصادية، ورُبِطَت باسـتطلاعٍ لـرأي أفرادٍ ينتمون إلـى الشـريحة الاجتماعية والاقتصادية الدنيا على مسـتوى الحيِّ. ولاحظ الباحثـون أنَّ تعرُّض أولئك الأفراد لغيـاب المسـاواة فـي محيطهـم الاجتماعـي يرتبـط ارتباطًا إيجابيًّا بتأييد هـؤلاء الأفراد لفرض ضرائب على الأثرياء، كوسـيلة لمعالجة التفاوت فـي الأوضاع الاقتصادية.

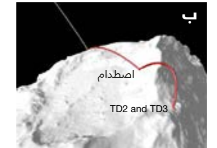
وهكذا، يبدو أنَّ غياب المساواة يؤثِّر على تفضيلات الأفراد فيما يرتبط بإعادة توزيع الثروة، حينما يكونون واقعين تحت تأثير غياب المساواة في السياق الاجتماعي المحيط بهم.

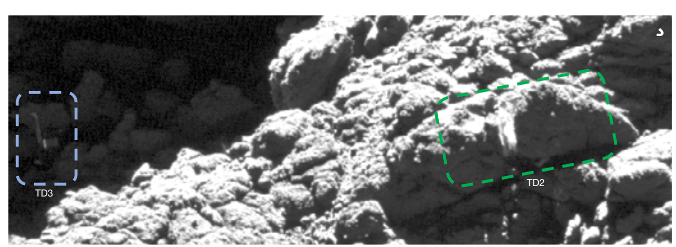
تشـير نتائج الباحثين إلى أنَّ غياب المسـاواة من شأنه أن يؤدي كذلك إلى كبح المشـاركة السياسية من الأصل. ومن ثم، فإن التضمينات السياسـية للنتائج التي خرج بها الباحثون على مستوى التقسيمات الإدارية الأكبر، أو الدولة ككل، لم تُحسَم بعد.

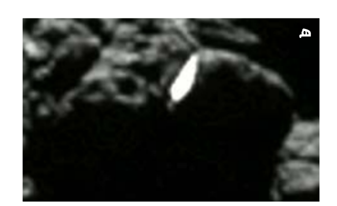
M. Sands *et al*.

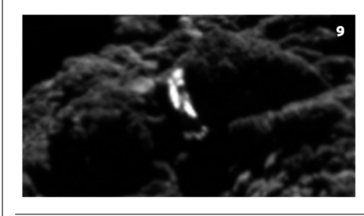
doi:10.1038/s41586-020-2763-1











مركبة «فيلاي» تكشف وجود جليدٍ أوَّلي داخل جلمودي مذنب

في الثاني عشر من نوفمبر عام 2014، هبطت مركبة الإنزال "فيلاي" Philae باتجاه مذنب "67 بي/تشوريوموف جيراسيمنكو" 67P/Churyumov Gerasimenko، وارتدَّت مرتين عن سطحه، قبل أن تصل إلى المنطقة الواقعة أسفل جرفٍ ناتئ في المنطقة المعروفة باسم "أبيدوس" Abydos. وقد زوَّدتنا عملية الهبوط هذه بمعلوماتٍ مهمة عن خصائص نويات المذنبات.

وفي هذا البحث، يستعرض الباحثون نتائج دراستهم لموقع الهبوط الثاني الذي لم يكن معروفًا سابقًا، والذي أمضت فيه المركبة دقيقتين تقريبًا من زمن رحلتها عبر المذنّب، لامست خلالهما سطحه أربع مرات على جلمودين متجاورين من جلاميده. وقد كشفت المركبة منطقةً من الجليد المائي الأولي -أي جليدٍ مائي يعود إلى وقت تكوُّن المذنب قبل 4.5 مليار سنة- بداخل الجلمودين في أثناء تنقلها عبر أخدودٍ بينهما.

ومن خلال عمليات الرصد متعددة الأدوات التي أجراها الباحثون بعد 19 شهرًا من هبوط المركبة، تبيَّن أنَّ هذا الجليد المائي، الممزوج بمادةٍ داكنة واسعة الانتشار وغنية بالمواد العضوية، تبلغ النسبة بين كتلتي الغبار والجليد فيه عند موضع ملامسة المركبة للجلمودين 1:(0.2+)^(0.16-)_ 〖2.3〗، وهي نسبة مطابقة للنسب التي رُصِدَت من الانبثاق المفاجئ للجليد والغبار في الجليد المائي الذي اكتُشف حديثًا بالمذنب وفي جليده المائي القابع في الظل.

وفي نهاية الأخدود، تركت المركبة أثرًا بعمق 0.25 متر في جليد الجلمودين، وهو ما وفَّر قياساتٍ موضعية تؤكد أنَّ مقاومة الجليد الأوّلي للضغط منخفضة للغاية (أقل من 12 باسكال، أي إنه أكثر هشاشة من الثلج الخفيف المتساقط حديثًا). فضلًا عن ذلك، أتاح هذا الأثر تقدير سمةٍ أخرى مهمة، وهي مدى مسامية الأجزاء الداخلية الجليدية للجلمودين (75±7 في المئة).

وتوضح هذه النتائج بعض العقبات التي تواجهها مركبات الإنزال على المذنبات في سعيها للحصول على عينات جليدية غنية بالمواد المتطايرة.

L. O'Rourke *et al*.

doi:10.1038/s41586-020-2834-3

الشكل أعلاه | مسار هبوط مركبة "فيلاي"، وموقع الهبوط الثاني (TD2)، وموقع الهبوط الثالث (TD3)، والجليد المرئي. الأشكال (من أ إلى ج): ثلاثة مشاهد توضِّح مسار هبوط مركبة "فيلاي" في أثناء حركتها على سطح المذنب (المسار مُمثَّل في المشاهد الثلاثة بنموذجٍ شكلي)، وتُبرِز هذه المشاهد كلًا من موقع الهبوط الأول (TD1)، ونقطة الاصطدام، وموقع الهبوط الثاني (TD2)، وموقع الهبوط الثالث (TD3). الشكل د: صورة ملتقطة بأداة "أوزيريس" OSIRIS (التُقطت في الثاني من سبتمبر عام 2016، الساعة 19:59 حسب التوقيت العالمي، بدقة تفاصيل تبلغ 0.049 متر لكل بكسل)، توضح موقعي الهبوط الثاني والثالث، اللذين يشير إليهما المستطيلان في الصورة (ج). وقد تعرضت هذه الصورة لمقدارٍ زائد من الضوء لإبراز الأخدود، الذي سمَّاه الباحثون "أخدود أعلى الجمجمة" (داخل المستطيل الأخضر ذي الخطوط المتقطعة، الذي يحمل رمز TD2)، ولإبراز مركبة الهبوط "فيلاي" المختفية في الظلال البعيدة (داخل المستطيل الأزرق ذي الخطوط المتقطعة، الذي يحمل رمز TD3). الأشكال (من هـ إلى و): مشاهد للجليد الموجود في الأخدود (التُقِطَت الصورتان على التوالي يومي السادس من أغسطس، والرابع والعشرين منه في عام 2016).

نظامٌ هَرمي للحوسبة المستوحاة من آلية عمل الدماغ البشري

تستمد تقنيات الحوسبة المحاكية للبِنى العصبية البيولوجية الإلهام من الدماغ البشري، لتُوفِّر تقنيات وتصميمات حوسبية قادرة على إطلاق الموجة التالية في مجال هندسة الحاسوب. وتُعَد هذه التقنيات المستوحاة من الدماغ أيضًا منصةً واعدة لتطوير الذكاء العام الاصطناعي. ومع ذلك، فعلى عكس أنظمة الحوسبة التقليدية، التي تتسم بنظام حاسوبي هَرَمي راسخ منذ فترةٍ طويلة، يقوم على مفهوم الكَمال من منظور آلان تورينج، والتصميم الحاسوبي من منظور فون نيومان، لا يوجد حاليًّا أيُّ نظام هَرَمي مُعمَّم أو مفهومٍ للكمال يخص تقنيات الحوسبة المستوحاة من الدماغ البشري. وهذا يؤثِّر في التوافق بين البرامج والأجهزة، وهو ما يُضعِف مرونة برمجة تقنيات هذا النوع من الحوسبة، ومدى إنتاجية عمليات تطوير برامجها.

وفي هذا البحث، يطرح الباحثون مفهومًا "لكمال الحوسبة المحاكية للبِنَى العصبية البيولوجية"، يُخفِّف من الحاجة إلى كمال الأجهزة، ويقدمون نظامًا هرميًّا ملائمًا لهذا المفهوم، يتكوَّن من نموذج تجريد برمجي كامل من منظور تورينج، وتصميم مجرد متعدد الاستخدامات، مُحَاكٍ للبِنَى العصبية البيولوجية. وباستخدام هذا النظام الهرمي، يمكن وصف البرامج المختلفة باعتبارها تمثيلاتٍ موحَّدة، وتحويلها إلى برامج مكافئة قابلة للتشغيل على أيِّ جهازٍ يحاكي البِنَى العصبية البيولوجية، ويتسم بالكمال من منظور تورينج، أي أنَّ هذا النظام يضمن إمكانية استخدام لغات البرمجة ضمن أنظمة تشغيل مختلفة، وكمال الأجهزة، وسهولة ترجمة اللغات البرمجية إلى لغة يمكن للأنظمة المستوحاة من الدماغ البشري فهمها.

ويُنتِج الباحثـون مجموعةً من الأدوات البرمجيـة لدعمِ تشـغيل أنواعٍ مختلفـة من البرامج علـى العديد من منصّـات الأجهزة النموذجيـة، موضِّحين بذلـك ميزة نظامهـم الهَرَمي، الذي

يتضمَّن بُعدًا جديدًا في تصميم الأنظمة، استُحدث من مفهوم كَمال الحوسبة المحاكية للبِنَى العصبية البيولوجية. ويتوقع الباحثون أنَّ دراستهم ستُتيح إحراز تقدُّمٍ فعَّال يحقق التوافق بين البرامج والأجهزة في كلِّ جوانب أنظمة الحوسبة المستوحاة من الدماغ، وهو ما سيُسهِّل تطوير تطبيقاتٍ مختلفة، من بينها تطبيقات الذكاء العام الاصطناعي.

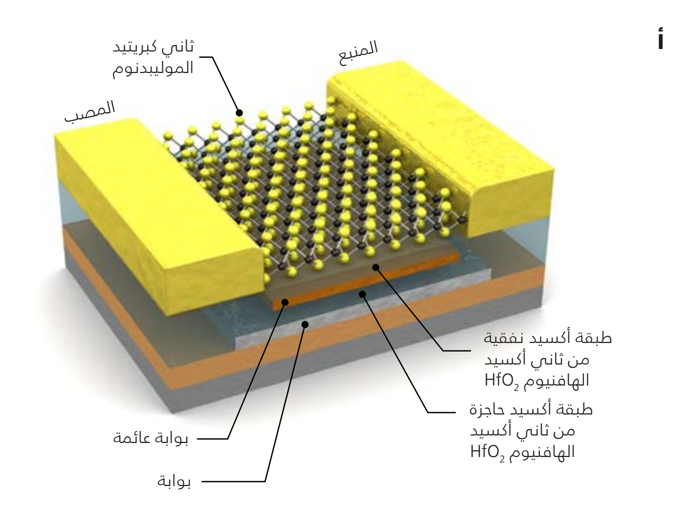
Y. Zhang *et al*.
doi:10.1038/s41586-020-2782-y

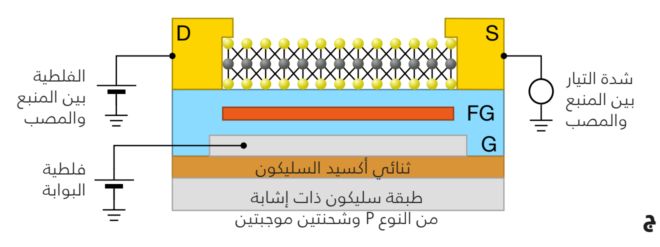
عمليات منطقية داخل الذاكرة بواسطة مادة ثنائية الأبعاد

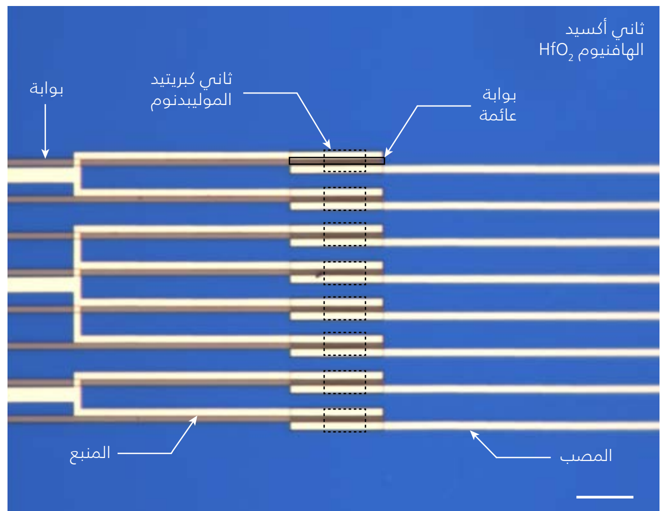
تعزز الأهمية المتزايدة للتطبيقات القائمة على تعلُّم الآلة الحاجةَ إلى ابتكار أجهزةٍ إلكترونية مخصصة لأغراضٍ معينة تتسم بالكفاءة في استهلاك الطاقة. ومُقارنةً بتصميمات فون نيومان الحاسوبية، التي تحتوي على وحدات معالجة، ووحدات تخزين منفصلة عن بعضها بعضًا، فإنَّ الأجهزة القائمة على الحوسبة المستوحاة من الدماغ البشري والمُجراة داخل وحدات الذاكرة تشترك في استخدام بِنْية بسيطة لإجراء كل من العمليات المنطقية، وتخزين البيانات، وهو ما يُبشِّر بأن يقلل بدرجة كبيرة تكلفة الطاقة في الحوسبة المتمحورة حول البيانات. وعلى الرغم من وفرة الأبحاث التي تُركِّز على استكشاف تصميمات جديدة للأجهزة، إلا أن عملية هندسة منصاتٍ مادية مناسبة لمثل هذه التصميمات ما زالت تمثل تحديًا. وقد تكون بعض المواد ثنائية الأبعاد -مثل ثاني كبريتيد الموليبدنوم (MoS2) شبه الموصِّل- واعدًا في تصميم مثل هذه المنصات، وذلك بفضل ما يتمتع به من خواص كهربائية وميكانيكية فريدة.

وفي البحث المنشور، يشير الباحثون إلى دراستهم لاستخدام طبقة ممتدة باتساع من ثاني كبريتيد الموليبدنوم، بوصفه ناقلًا فعالًا في تطوير أجهزةٍ ودوائر كهربائية تُجرِي العمليات المنطقية داخل الذاكرة، وتعتمد على الترانزستورات القائمة على تأثير المجال الكهربي ذات البوابات العائمة (FGFETs). ويُمكن ضبط قدرة التوصيل لهذه الترانزستورات التي استخدمها الباحثون بدقةٍ وباستمرار، وهو ما أتاح لهم استخدامها كوحدات بناء أساسية لإنشاء دوائر منطقية قابلة لإعادة التشكيل، تُجرى فيها العمليات المنطقية مباشرة باستخدام عناصر الذاكرة. وبعدما يدلل الباحثون على ابتكارهم لبوابة اختيار منطقية سالبة NOR قابلة للبرمجة بهذه المنهجية، يوضحون أنَّ هذا التصميم يمكن توسيع نطاق تطبيقاته ببساطة لتنفيذ عمليات منطقية أكثر تعقيدًا قابلة للبرمجة، فضلًا عن مجموعة مكتملة وظيفيًّا من العمليات المنطقية. وتُبرِز النتائج التي توَصَّل إليها الباحثون إمكانات أشباه الموصلات ذات السُّمك الذرِّي الرقيق في تطوير الجيل التالي من الإلكترونيات ذات الاستهلاك المنخفض للطاقة.

G. Marega *et al*.
doi:10.1038/s41586-020-2861-0







الشكل إلى اليسار | بِنْية جهازٍ يُجْرِي عمليات منطقية داخل الذاكرة. أ. منظر ثلاثي الأبعاد لوحدة ذاكرة ذات بوابةٍ عائمة مرتكزة على طبقة واحدة من ثاني كبريتيد الموليبدنوم، مُنمَّاة بتقنية الترسيب الكيميائي العضوي الفلزي للبخار *MOCVD*، ومتصلة بمنبع التيار ومصبّه. والبوابة العائمة منفصلة عن قناة ثاني كبريتيد الموليبدنوم بطبقة أكسيد نفقية من ثاني أكسيد الهافنيوم (HfO_2)،سُمكها 7 نانومترات، ومنفصلة عن بوابة التحكم السفلية بطبقة أكسيد حاجزة من ثاني أكسيد الهافنيوم، سُمكها 30 نانومترًا.ب. رسم تخطيطي لوحدة الذاكرة. D= مصب التيار، S= منبع التيار، FG= البوابة العائمة، G= البوابة. ج. صورة ضوئية لمصفوفة ذاكرة البوابة العائمة المُصنَّعة والمؤلفة من ثماني خلايا ذاكرة (مؤطَّرة بمستطيل). مقياس الرسم: 10 ميكرومترات.

لقاحٌ يحفز مناعةً وقائية ضد فيروس «سارس-كوف-2»

يُصاب الجهاز التنفسي بمرض "كوفيد-19"، نتيجةَ عدوى فيروس كورونا المسبب للمتلازمة التنفسية الحادة الوخيمة من النوع الثاني، الذي يُعرف اختصارًا باسم "سارس-كوف-2". وقد أدى انتشار هذا المرض إلى جائحةٍ عالمية. ومن ثم، فهناك حاجةٌ ماسة إلى تطوير لقاحٍ وقائي فعال مضاد لهذا الفيروس. ومن الخطوات الأساسية التي يقوم بها الفيروس في أثناء إصابة الجسم بالعدوى استخدامه لنطاق الارتباط بالمستقبِل في بروتينه الشوكي، للارتباط بمستقبِل على سطح الخلايا المضيفة، يُعرف باسم الإنزيم المحول للأنجيوتنسين من النوع الثاني (ACE2).

وفي البحث المنشور، يوضح الباحثون أنَّه باستخدام لقاحٍ مركَّب جينيًّا، يتكون من مجموعةٍ من بقايا الحمض الأميني الموجودة في نطاق الارتباط بالمستقبِل في البروتين الشوكي للفيروس (حيث تبدأ المجموعة بباقية الحمض الأميني رقم 319 في تسلسل الحمض الأميني، وتنتهي برقم 545)، أمكن تحفيز استجابةٍ وظيفية قوية من الأجسام المضادة للفيروس لدى أنواعٍ مختلفة من الحيوانات التي تلقت اللقاح، شملت الفئران، والأرانب، والرئيسيات غير البشرية (قِردة المكاك الريسوسي *Macaca mulatta*)، وذلك بعد وقتٍ قصير من حقْنها بجرعةٍ واحدة من اللقاح، يُقدَّر بسبعة أيام، أو 14 يومًا. وقد عرقلت أمصال دماء الحيوانات التي تلَقَّت اللقاح عملية الارتباط بين نطاق الارتباط بالمستقبِل، وإنزيم ACE2، الذي يُعبَّر عنه على سطح الخلية، كما حيَّدت تلك الأمصال عدوى فيروسات "سارس-كوف-2" الزائفة، وكذلك عدوى الفيروسات الحية منها في المختبر.

وجديرٌ بالملاحظة أنَّ التطعيم بهذا اللقاح وفَّر حمايةً للرئيسيات غير البشرية من الفيروس عند إصابة

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أجسامها الحية به. كما وجد الباحثون مستوياتٍ زائدة من الأجسام المضادة المستهدِفة لنطاق الارتباط بالمستقبِل في أمصال دماء المصابين بمرض "كوفيد-19". وأوضحوا أنَّ العديد من مسارات التأشير المناعي والخلايا الليمفاوية التائية من النوع CD4 يشارك في تحفيز استجابة الأجسام المضادة الناجمة عن اللقاح.

وبهذا، تُبرِز هذه النتائج أهمية نطاق الارتباط بالمستقبِل في تصميم لقاحات فيروس "سارس كوف-2"، كما تُوَفِّر أساسًا منطقيًّا لفكرة تطوير لقاح يقي من الفيروس، من خلال تحفيز الأجسام المضادة لنطاق الارتباط بالمستقبِل.

J. Yang *et al*.
doi:10.1038/s41586-020-2599-8

الاستدلال على عُمْر الكويكب «بينو» من فوّهات جلاميده

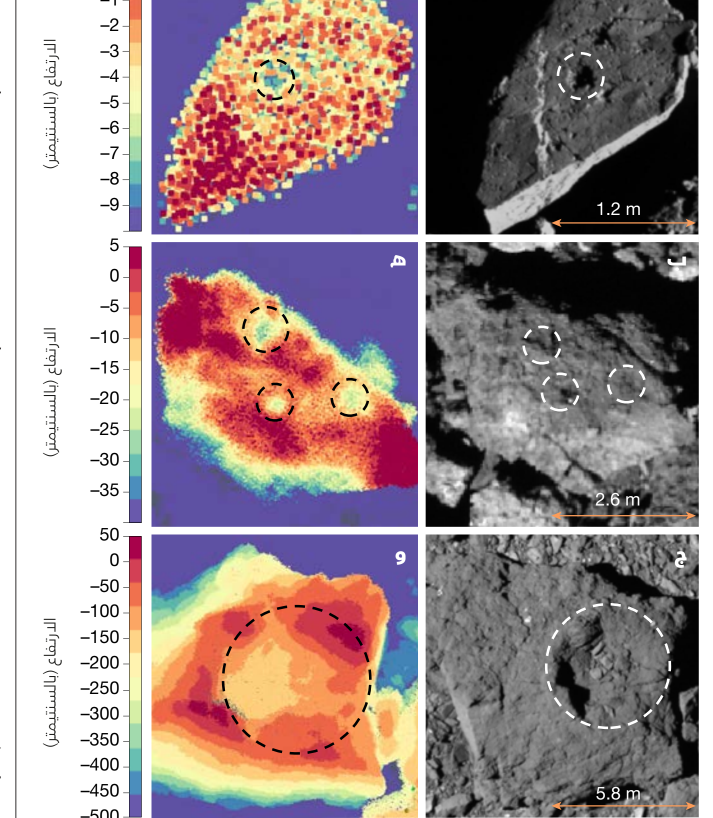
يمكن تحديد تاريخ الكويكبات إلى حد كبير من خلال القوة التي تظهرها في مواجهة أحداث الاصطدام مع الأجرام الأخرى (مقاومة الاصطدام). وقد دعَّمت عمليات محاكاة عددية التجاربَ المختبرية المجراة على الأحجار النيزكية ذات الأبعاد السنتيمترية، واستُخدمت في استقراء نتائج هذه التجارب، بهدف استنتاج مقاومة الاصطدام على نطاق الكويكبات.

وقد وردت إلينا أدلة لأحداث اصطدام على جلاميد في أجرام كوكبية، ليس بها أغلفة جوية، من عينات بعثة أبولو إلى القمر، وصور الكويكب "(25143) إيتوكاوا" Itokawa (25143)، جُمِعت من مواضع هذه الاصطدامات. وبالرغم من ذلك، فإن مقاوَمة الاصطدام في الجلاميد التي تشكّل لَبِنات بناء الكويكبات المتكوّنة من كومة أنقاض لم يمكن تقييمها تقييمًا مباشرًا، وبالتالي لم يمكن حسم أعمار سطوح هذه الجلاميد.

وفي البحث المنشور، يَعرِض الباحثون تحليلًا يتناول حجم فوّهات مرصودة على جلاميد في الكويكب "(101955) بينو" (101955) Bennu، وعمقها. وتبيّن الدراسة أن مقاوَمة الاصطدام في الجلاميد ذات الأحجام التي تقع ضمن النطاق المتري تتراوح بين 0.44، و1.7 ميجاباسكال، وهي قيمة منخفضة، مقارنةً بمقاومة الاصطدام في المواد الأرضية الصلبة. ويستنتج الباحثون أن هذه الجلاميد تحفظ تاريخ اصطدامها بالأجرام التي يتراوح حجمها من النطاق المليّمتري إلى السنتيمتري، الموجودة في الفضاء القريب من كوكب الأرض.

كما يستنتج الباحثون أن مجموعة الأجرام التصادمية القريبة من كوكب الأرض تتسم بتوزيع تكراري لأحجامها، يشبه ذلك الخاص بالنيازك المتفجرة ذات الأحجام التي تقع ضمن النطاق المتري، وأنها نشأت من كويكبات. كما تشير نتائج الدراسة إلى أن الكويكب "بينو" قد انفصل ديناميكيًّا عن حزام الكويكبات الرئيس منذ 1.75 ± 0.75 مليون سنة.

R. Ballouz *et al*.
doi:10.1038/s41586-020-2846-z



الشكل أسفله | عنوان الشكل. يُلاحظ في الصور وبيانات قياس الارتفاعات بالليزر الخاصة بكويكب "بينو" وجود فوهات على جلاميد الكويكب. الصور من أ إلى ج: نماذج من صور كاميرا "بولي كام" PolyCam للفوّهات الموجودة على الجلاميد.الصور من د إلى و: تفاصيل طوبوغرافية للفوهات ذاتها من بيانات سحابة نُقطية، جَمَعَها جهاز قياس الارتفاعات بالليزر، الخاص ببعثة "أوسايرس رِكس" OSIRIS-REx. والفوّهات الكبرى على كل جلمود موضّحة بدوائر ذات خطوط متقطعة.الصورة أ: جلمود يبلغ قطره مترين تقريبًا، ذو سطح خارجي مستو، يحوي عدة فوّهات صدمية ذات أحجام تقع في النطاق السنتيمتري، عند خط العرض 35.4° جنوبًا، وخط الطول 316.2° شرقًا.الصورة ب: جلمود يبلغ قطره 5 أمتار تقريبًا، يحوي عدة فوّهات صدمية بقُطْر نصف متر تقريبًا، عند خط العرض 9.6° شمالًا، وخط الطول 16.2° شرقًا.الصورة ج: جلمود يبلغ قطره 17 مترًا تقريبًا، ذو فوهة صدمية بقُطْر 5 أمتار تقريبًا عند خط العرض 0.49°جنوبًا، وخط الطول 81.7° شرقًا.

خلايا تائية تستجيب لفيروس «سارس-كوف-2»

ترتَّب على انتشار فيروس كورونا، المُسبّب للمتلازمة التنفسية الحادة الوخيمة من النوع الثاني، والمعروف اختصارًا بفيروس "سارس-كوف-2"، حدوث ما بات يُعرف بجائحة مرض "كوفيد-19"، الذي تتكشَّف أبعاده يومًا بعد يوم. وتتباين الأعراض الإكلينيكية لهذا المرض، إذ تتراوح من الإصابة بالعدوى دون أن تصاحبها أية أعراض، حتى الإصابة بالفشل التنفسي. غير أنَّ الآليات التي تحدد مدى حدَّة الإصابة لم تُكتَشَف بعد.

وفي هذا البحث، درس الباحثون الخلايا التائية من نوع $CD4^+$، التي تستجيب للبروتين السكري الشوكي لفيروس "سارس-كوف-2" في الدم المحيطي لدى المصابين، وكذلك المتبرعين الأصحاء الذين لم يتعرضوا للإصابة. وقد تبيَّن لهم وجود هذه الخلايا لدى 83% من المرضى، إضافةً إلى 35% من المتبرعين الأصحاء. في حالة المتبرعين، كانت هذه الخلايا نشطةً أساسًا حيال ما يُعرف بالمُحدِّدات المُستضدِّيّة التي تنتهي بمجموعة كربوكسيل حرة (C-terminal epitopes) في البروتين الشوكي للفيروس، والتي تُشبه إلى حد بعيد نظراءها في البروتينات السكرية الشوكية الخاصة بفيروسات كورونا المتوطنة التي تصيب البشر، مقارنةً بالمُحدِّدات المُستضدِّيّة التي تنتهي بمجموعةٍ أمينية (N-terminal epitopes).

كما وجد الباحثون أنَّ خطوط الخلايا التائية التي تستجيب للبروتين الشوكي، والتي حصلوا عليها من المتبرعين الأصحاء الذين لم يتعرضوا للإصابة، قد استجابت استجاباتٍ متماثلة للمناطق المنتهية بمجموعة كربوكسيل حرة في البروتينات الشوكية لفيروسات كورونا المتوطنة التي تصيب البشر، من نوعَي "229E"، و"OC43"، فضلًا عن "سارس-كوف-2".

تشير هذه النتائج إلى وجود خلايا تائية تستجيب لأنواع مختلفة من البروتينات الشوكية. وأكبر الظن أن هذه الخلايا قد تولَّدت خلال مواجهاتٍ سابقة مع فيروسات كورونا المتوطنة، لكنَّ تأثير هذه الخلايا التائية الموجودة مسبقًا، التي تستجيب لفيروس "سارس-كوف-2"، على النتائج الإكلينيكية لم يتحدَّد بعد، وثمة حاجة إلى دراسته في مجموعات أتراب أكبر. ومع ذلك، فإنَّ وجود هذه الخلايا لدى قطاع كبير من السكان قد يؤثر على ديناميّات الجائحة الحالية، كما أنَّ له نتائج مهمة تتعلق بتصميم التجارب المقبلة، التي تُعنى بدراسة لقاحات "كوفيد-19"، وتحليل نتائجها.

J. Braun *et al*.
doi:10.1038/s41586-020-2598-9

RESEARCH DATA SERVICES FOR INSTITUTIONS



Help your researchers organise, share and get credit for their data.

Three services:

- **Research data training.** Hosted at your institution and delivered by our expert research data trainers
- **Research Data Support.** Your researchers submit a dataset, our research data experts create a detailed data record in a repository
- **Data availability reporting.** Track how your researchers are sharing data associated with articles in Springer Nature journals

partnerships.nature.com/research-data

مهن علمية



ارسل قصة مسيرتك المهنية
إلى: Naturecareerseditor@
nature.com

GETTY

لا يتقدم سير كل الأبحاث بالسرعة نفسها. ولذا، من الصعب عَقْد مقارنة بين التقدُّم الذي يمكن أن يحرزه طالبان مختلفان.

لِمَ لن تُفيدك مقارنة نفسك بالآخرين؟

المقارنة العادلة الوحيدة بالنسبة إلى طالب دراسات عليا هي المقارنة بنفسه في الماضي. **جوليا نولتي**

بعد مرور نصف مدة برنامج دراساتي للحصول على درجة الدكتوراة في علم النفس في جامعة كورنيل، الواقعة في مدينة إثاكا بولاية نيويورك، شعرتُ بأنّي أفتقرُ إلى جميع تلك القدرات السحرية اللازمة لإتمام مشروعِ بحثي ونشره، إذ بدا لي أنَّ طلاب الدراسات العليا الآخرين كانوا ينشرون عدة أبحاثٍ في الوقت نفسه الذي أستغرقه لإكمال تجربةٍ واحدة. وكنتُ أبذل قصارى جهدي، لكنْ بدا لي أنَّ ما أُحرزه من تقدُّم يُعَدُّ ضئيلًا، مقارنةً بما يحققونه.

وعندما أطلعتُ مشرفتي على هذه المخاوف، كان لها رأيٌ مختلف حول هذا الوضع، وطمأنتني قائلةً: "أنتِ لا ترتكبين أي خطأ. كل ما في الأمر أنَّكِ اخترتِ نوعًا مختلفًا من الأبحاث". وذكَّرتني بأنَّ الباحثين المتخصصين في دراسات المدى العمري مثلي، أي الذين يدرسون الاختلافات بين البالغين في مراحل العمر المختلفة (مرحلة الشباب، ومنتصف العمر، وكِبَر السن)، يستغرقون غالبًا وقتًا أطول بكثير لإكمال مشروعِ بحثي واحد، مقارنةً بالباحثين الآخرين. ونتيجةً لذلك، فإنَّهم على الأرجح ينشرون الأبحاث بمعدلٍ أبطأ من زملائهم في بعض المجالات البحثية الأخرى.

وكنتُ أعي بالفعل أنَّ سير تنفيذ الأعمال المدرجة على الأجندة البحثية لكل طالبٍ يتقدمُ بمعدلٍ مختلف. ففي مجالي (وهو العلوم الاجتماعية) يستخلص بعض الباحثين البيانات من موقع "تويتر" Twitter، أو يجمعون ردودًا من آلاف المشاركين في تجارب عبر شبكة الإنترنت، في فترةٍ لا تتجاوز بضعة أيام. أما الباحثون المتخصصون في المدى العمري، فيَجمعون في الأغلب ردودًا مُرسَلةً أكثر تفصيلًا من كل شخصٍ على حدة. ومع وجوب إجراء اختبارات لمئاتٍ من المشاركين، أو إجراء لقاءاتٍ معهم، قد يستغرق إكمال المشروع الواحد شهورًا، أو حتى سنواتٍ.

ويختلف البحث الذي أُجريه عن معظم أبحاث العلوم الاجتماعية من نواحٍ أخرى أيضًا، تبدأ بالتمويل، وطاقم

العمل، والمعدات اللازمة لجمع البيانات الجديدة، وتنتهي بالمهارات، والتصاريح والأذون المطلوبة للحصول على البيانات وتحليلها.

كما أنَّ إجراء بحثٍ يقضي فيه المشاركون من 30 إلى 90 دقيقة لإكمال دراسةٍ واحدة من شأنه أن يكون أكثر تكلفة بكثير من الاستعانة بمشاركين للإجابة عن استطلاع رأي على الإنترنت لا يستغرق سوى 5 دقائق. ففي المعتاد، أدفعُ لكل مشاركٍ 20 دولارًا أمريكيًّا أو أكثر، كي نلتقي وجهًا لوجه، في حين قد يدفع القائمون على تلك الدراسات القصيرة التي تُجرى عبر الإنترنت مبالغ زهيدة تصل إلى 20 سنتًا لكل مشارك (وبالطبع يعتمد البعض على متطوعين لا يتلقّون أجرًا على الإطلاق).

وفضلًا عن ذلك، أواجه تكاليف أخرى على صعيد المال والوقت. فعلى سبيل المثال، في أحد مشروعاتي البحثية، أقيسُ استجابات المشاركين الشعورية تجاه الصور والأصوات عن طريق قياس التغيرات في قدرة بشرتهم على توصيل الكهرباء. ومقارنةً باستطلاعات الرأي التي تُجرَى على شبكة الإنترنت، فإنَّ الدراسات التي تتضمن قياساتٍ فسيولوجية تتسم بتكلفةٍ أكبر، وقد تتطلب معداتٍ تقنية، وخبراتٍ إضافية، بيد أنها تكشف غالبًا معلوماتٍ أكثر. وقد توقفت هذه الأبحاث بالطبع حاليًّا بسبب جائحة فيروس كورونا الجديد.

ويتضمن مشروعٌ ثانٍ أعملُ عليه تحليل مقابلات مع 138 فردًا، اختيروا من مجتمعنا المحلي. وقد يستغرق تسجيل هذا القدر الكبير من بيانات هذه المقابلات، وتدوينها، وتشفيرها شهورًا، بل ربما سنوات.

وأخيرًا، كان عليَّ أن أتعلم لغتَي برمجة جديدتين، كي أتمكن من جمع البيانات وتحليلها باستخدام برمجياتٍ بحثية حاسوبية غير مألوفة لي. وهذه المشروعات الثلاثة المختلفة مع بعضها بعضًا ستنتج، حبّذا قَدْر ما آمُل، ثلاث مسوداتٍ أولية، سلّمتُ إحداها بالفعل وتخضع حاليًّا للمراجعة.

وبالنظر إلى التحديات المختلفة التي قد ينطوي عليها كل مشروع، أدركتُ أنَّ مقارنة تقدُّم سير العمل البحثي الذي يحققه طالبان مختلفان ليست بالعملية السهلة أو العادلة إطلاقًا.

تقييم التقدم المحرَز

على الرغم من أنَّ الوسط الأكاديمي تنافسي بطبيعته، فإنَّ صعوبات مقارنة نفسي بالطلاب الآخرين في برنامج دراساتي لنيل الدكتوراة، أو المجال الذي تخصصتُ فيه، لا تمنعني من تقييم تطوري الشخصي بطرقٍ أكثر جدوى. ولأنَّ كل طالب دراساتٍ عليا يعمل في ظلِّ مجموعةٍ مختلفة من الظروف، أدركتُ أنَّ نوعًا واحدًا فقط من المقارنات يتسم بالعدل فعلًا، وهو المقارنة بين تقدُّم حياتي المهنية في الوقت الحالي، وما كانت عليه في الماضي.

فمنذ تلك المحادثة مع مشرفتي في العام الثالث من برنامج الدكتوراة، قدمتُ ثلاث ورقاتٍ بحثية، كنتُ المؤلفة الرئيسة لها جميعًا، وذلك دون أي قدرات سحرية كتلك التي كنتُ أظن أنَّ زملائي يمتلكونها. ومع أنِّي ما زلتُ أغالبُ مقارنة نفسي بالطلاب الآخرين، إلا أنني أنظرُ كذلك إلى ما حققتُه من تقدُّم في الماضي، وأسألُ نفسي: ما الإنجازات المهمة التي حققتُها في السنة الأكاديمية السابقة، أو منذ أن بدأتُ برنامج الدكتوراة؟

وبعيدًا عن نشر المسودات، تضمنَتْ تلك الإنجازات السعيَ لتكوين علاقات تعاوُن مع باحثين من جهاتٍ أخرى، وتقديم الإرشاد لمساعدي الباحثين من الطلاب الجامعيين وغيرهم. وفضلًا عن ذلك، تَطوَّر سير مشروعاتي البحثية أخيرًا، وأصبحتُ أُسجِّل موضوعاتها مسبقًا، أي أحدد فرضياتها، ومناهجها، وخطط تحليلاتها كتابةً، قبل البدء في جمع أي بيانات. وهذه العملية تضفي على أبحاثي مزيدًا من المصداقية، لكنّني استغرقتُ بعض الوقت كي أتعلم أيَّ المناهج البحثية سألتزمُ به.

والآن، أحدد الأهداف التي آمُل في تحقيقها كل فصلٍ دراسي، والخطوات التي أحتاج إلى اتخاذها كي أحقق تلكَ الأهداف بالسرعة التي تناسبني. ورغم أنَّ تلك الإنجازات قد لا تضاهي دومًا إنجازات طلاب الدراسات العليا الآخرين، فإن رصْد مدى تقدُّمي منذ بدأت رحلة الدكتوراة يُعَد بالنسبة لي -في حد ذاته- نجاحًا بدرجةٍ ما.

جوليا نولتي طالبة دكتوراة في مجال علم النفس التنموي بقسم النمو البشري في جامعة كورنيل، الواقعة في مدينة إثاكا بولاية نيويورك الأمريكية.

كيف تتجنب الوقوع في معضلة اختلاف المناطق الزمنية؟

جدير بالقائمين على تنظيم المؤتمرات الافتراضية أن يضعوا في اعتبارهم وجود بعض المشاركين في مناطق زمنية مختلفة حول العالم. **جيف جودهيل**

بالعودة إلى عام 2019، نجد أن السفر لحضور أحد المؤتمرات في بلد يقع على بُعْد عدة نطاقات زمنية كان ينطوي على شيء من الصعوبة، إلا أن أمورًا مثل قراءة محتوى الملصقات، وصخب الحشود المحيطة، وارتشاف بضع جرعات من الكافيين، كانت في العادة كافية لأنْ تُعِين المرء على التغلب على هذه الصعوبات. بيد أن التحول المفاجئ والهائل إلى المؤتمرات الافتراضية جلب معه تحديات جديدة.

صحيح أن هناك جانبًا إيجابيًّا لهذا التحول، يتمثل في اختفاء كثير من العوائق المالية، وعوائق أخرى ترتبط بتأشيرات الدخول التي تَحُول دون الحضور، حيث كانت الأفضلية لمكالمات الفيديو عبر الإنترنت، والربط الشبكي من خلال لوحة المفاتيح، وهي سبل تحمل في طياتها إمكانات تَعِد بالمزيد من الإدماج للأفراد، وكذلك تتيح للبشر التواصل مع بعضهم البعض عبر وسائل غير مُنتِجة للكربون.

ولكن مِن منظوري الشخصي، وكوني باحثًا مقيمًا في أستراليا حاليًّا، فقد صاحبَتْ هذا التحول نزعة تحيز لضبط توقيت المؤتمرات لصالح المشاركين من أوروبا والولايات المتحدة، فعلى سبيل المثال، ألقيت مؤخرًا كلمة افتراضية في الثالثة صباحًا بالتوقيت المحلي لمدينتي، دون مراعاة التوقيت.



ADAPTED FROM GETTY

حدث هذا حتى عندما كان من المزمع أن يُعقد المؤتمر في دولة بعينها، ثم تقرر بثّه عبر شبكة الإنترنت في منطقة يختلف فيها التوقيت اختلافًا ملحوظًا، ما يعني أن منظمي المؤتمر كانوا ينتظرون من مشاركي البلد المضيف في الأساس أن يظلوا مستيقظين لوقت متأخر من الليل بتوقيتهم المحلي، كي يتسنى لهم الحضور.

ليس من السهل التعامل مع فكرة وجود 38 منطقة زمنية مختلفة حول العالم، فالأمر لا يقتصر على المناطق الزمنية العشر الممتدة ما بين كاليفورنيا وأوروبا الشرقية، البالغ عددها حوالي عشر مناطق، حيث يقطن كثير من العلماء القائمين على تنظيم تلك المؤتمرات التي تُبث مباشرة. ورغم ذلك، فثمة بعض الخطوات البسيطة التي يمكن اتخاذها للتغلب على هذه المشكلة.

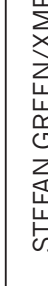
أولًا، لا تضطر الأشخاص إلى إلقاء محاضراتهم في منتصف الليل بتوقيتهم المحلي. ثانيًا، سَجِّلْ كل العروض التقديمية بحيث تكون متاحة للمشاركين الآخرين على الفور، وليس بعد مرور عدة أسابيع، كما هو الحال في بعض الأحيان. ثالثًا، بالإضافة إلى جلسة الأسئلة والأجوبة التي تُعقد مباشرة بعد كل عرض تقديمي، اعقِدْ جلسة لاحقة للأسئلة والأجوبة في وقت أكثر ملاءمة للمناطق الزمنية الأخرى، فهذا من شأنه أن يعزز التفاعل مع الأشخاص الذين لم يتمكنوا من حضور العرض التقديمي الأصلي، والذين تتوجب عليهم مشاهدة التسجيل في وقت لاحق.

والأهم من هذا وذاك، تجب مراعاة أنه لا توجد منطقة زمنية واحدة يخضع الجميع لها.

جيف جودهيل أستاذ بمعهد كوينزلاند للدماغ، وكلية الرياضيات والفيزياء بجامعة كوينزلاند بسانت لوسيا في أستراليا.
البريد الإلكتروني: g.goodhill@uq.edu.au

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية





ينقِّب الباحثون عن ميكروبات في عينات تربة من فوهة الغاز المشتعل في تركمنستان، المعروفة باسم "باب جهنم".

دراسة الحياة في أقسى البيئات على وجه الأرض

باحثون يبتكرون طُرُقًا لدراسة الميكروبات التي تحيا في بيئات هي الأقسى على ظهر الأرض. **آمبر دانس**

تتشبَّث الميكروبات (أو الكائنات المجهرية) بالحياة في بعضٍ من أشدِّ البيئات قسوةً على وجه الأرض، بدءًا من ينابيع المياه الساخنة السامة، حتى المناطق الصحراوية التي تقع على ارتفاعاتٍ شاهقة. ومن بين تلك الكائنات التي تعيش في ظروف القاسية، ويُطلق عليها "الإكستريموفيلات" extremophiles، كائنات قادرة على الحياة في ظل حرارة تقارِب درجة الغليان، أو برودة تكاد تصل إلى درجة التجمد، أو في بيئات ترتفع فيها نسبة الملوحة، أو مستوى الضغط، وكذلك في البيئات المشبَّعة بالأحماض أو القلويات أو المعادن أو النشاط الإشعاعي.

وإجبار هذه الكائنات على الحياة في المختبرات تعترضُهُ تحدياتٌ عدَّة. ورغم ذلك، فقد تضاعف عدد الأبحاث العلمية التي تناولت الكائنات المتكيِّفة مع الظروف القاسية خلال العقود الماضية؛ حيث إنّ غرابة هذه الكائنات تسترعي اهتمام بعض العلماء، ممَّن يسعون وراء الأنواع التي لم يجرِ توصيفها بعد، أو التي قد تحمل داخلها إنزيمات مفيدة للعمليات الصناعية، أو مضادات حيوية كفيلة بإنقاذ الأرواح. وهناك مِن العلماء مَن يرى، ببساطة، أن الكائنات الأمثل لأبحاثهم العلمية يتصادف أنها تفضِّل الظروف القاسية.

وقد حدا هذا الوضع بالباحثين المعنيِّين بدراسة تلك الكائنات إلى ابتكار مناهج مختبرية جديدة للتعامل معها. ولكي يتسنَّى لهم تحديد هذه الكائنات، وإنماؤها مخبريًّا، ومتابعتها، وتعديلها جينيًّا، غالبًا ما يلجأون إلى تعديل مناهجهم المُتَّبَعة في دراسة الكائنات العادية. وفي حين يمكن توظيف بعض الأساليب بسهولة، عن طريق استنباط أساليب مطبَّقة على كائن بعينه متكيِّف مع الظروف الحرارية القاسية، على سبيل المثال، وتطبيقها على كائنات أخرى تملك التفضيلات نفسها، فلا بد من تعديل أساليب أخرى، كي تناسب كل كائن جديد.

وتقول جوسلين ديروجيرو، عالمة الأحياء المجهرية في جامعة جونز هوبكنز في مدينة بالتيمور بولاية ميريلاند: "كل كائن يعيش في ظروف قاسية يفرض مجموعة من التحديات المرتبطة به على وجه التحديد. وكلما فكر الباحث في إجراء خطوة ما، عليه أن يفكر في كيفية تعديلها لتناسب الكائن محل الدراسة".

النمو في أقسى البيئات

في عام 2014، استقطب سكوت تاي، عالِم الأحياء المجهرية بجامعة فيرمونت في برلنجتون، مجموعة من الشركاء الدوليين، للانضمام إلى مبادرة مستمرة، تُعرف باسم "مشروع ميكروبيوم الظروف القاسية" XMP. ويأمل الباحثون في العثور على جيناتٍ بإمكانها توضيح كيفية بقاء الكائنات التي تعيش في تلك الظروف على قيد الحياة، وما إذا كانت قادرة على تكوين مُركَّبات تصلح كمضادات حيوية، أم لا.

وقد سافر العلماء إلى مناطق من تلك التي يصدُق وصفها بالبيئات القاسية، في إطار بحثهم عن ميكروبات جديدة لتحليلها. ومن بين تلك الأماكن ينابيع المياه الساخنة السامة في منخفض داناكل بإثيوبيا، وهي منطقة مشبعة بالأملاح، والأحماض، والمعادن الثقيلة، كما قصدوا كذلك فوهة الغاز المشتعل في تركمنستان.

أما التحدِّيات الرئيسة، فقد كانت في انتظارهم لدى عودتهم إلى المختبر، إذ يقول تاي: "واجهنا عقبات ضخمة في الحقيقة". فالميكروبات التي كانت من القوة بحيث تحمَّلَتْ الظروف القاسية، قاومَتْ محاولات العلماء تكسيرها، واستخلاص حمضها النووي. ومن ثم، طوَّر تاي وفريق "مشروع ميكروبيوم الظروف القاسية" مزيجًا من ستة إنزيمات، صار فيما بعد متاحًا للتداول التجاري تحت اسم "ميتابوليزيم" MetaPolyzyme، وذلك لتفكيك سطح أي خلية يصادفونها، ثم أضافوا منظفات ومُذيبات عضوية، لجمع الحمض النووي على حبيبات مغناطيسية[1]. ويقول تاي: "كان علينا ابتكار طريقة عجيبة إلى حدٍّ ما لاستخلاص الحمض النووي". وهكذا، شرع الباحثون في أداء عملهم، مستعينين بهذه الطريقة داخل غرفة تجميد مليئة بالعينات، على حد وصف تاي.

وهناك طائفة أخرى من الصعوبات التي ترتبط بدراسة الكائنات الحية التي تعيش في الظروف القاسية في المختبر، فعلى سبيل المثال، يدرس فريق ديروجيرو الكائنات التي تعيش في ظروف الملوحة العالية، ويُطلق عليها "هالوفيلات" halophiles، والتي كشطوها من على سطوح صخور صحراء أتاكاما التشيلية شاهقة الارتفاع. من السهل إنماء بعضٍ من تلك الكائنات مخبريًّا، وكلُّ ما عليك فِعله هو إضافة الملح، على حد وصف ديروجيرو، التي أجرت بحثًا آخر على الكائنات اللاهوائية المتكيِّفة مع الحرارة الفائقة، التي تنمو في درجات شديدة الحرارة، وفي غياب الأكسجين. ولإنماء تلك الكائنات مخبريًّا، استخدمت ديروجيرو أوعية استنبات مقاومة للحرارة، صنعتها وكالة ناسا. توضع تلك الأوعية في حضّانة تُضبط درجة حرارتها على 95 درجة مئوية، ويطلِق عليها أعضاء الفريق مازحِين لقب "فرن البيتزا"، لسخونتها الفائقة. وبالنظر إلى أن مادة الأغار الهلامية العادية الموضوعة في أطباق "بتري" بلاستيكية سوف تنصهر بفعل هذه الحرارة، فقد لجأ العلماء إلى استخدام أطباق زجاجية ممتلئة بمادة مشتقة من صمغ الجيلان، تُدعى "جيلرايت" Gelrite، وهي مادة مقاوِمة للحرارة.

تعديل الجينات

قد يتطلب تعديل جينات الكائنات التي تعيش في الظروف القاسية بذل جهود إضافية، فبينما يعتمد الباحثون على أدوات وأساليب مخبرية في التعامل مع الميكروبات التي

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

يفضلونها، مثل "الإشريكية القولونية" *Escherichia coli*، ومنها البلازميدات المستخدمة في تحويل المادة الجينية، والأساليب المتبَعة لحقْن تلك المادة في ميكروبات ومُركَّبات جديدة، بغرض انتقاء الكائنات المجهرية التي اكتسبَتْ الجينات الجديدة بنجاح، فإن هذه الأدوات والأساليب لا تتناسب في كثير من الأحيان مع المستويات العالية من الملح، ولا درجات الحرارة الفائقة، وغير ذلك من الظروف القاسية الأخرى.

ومن المعلوم أنَّ العلماء عادةً ما يُخلِّقون الجينات التي يرغبون في استخدمها داخل بكتيريا الإشريكية القولونية، ثم يعزلون البلازميدات المطلوبة، بما يتيح لهم نقلها بعد ذلك إلى الكائنات المتكيِّفة مع الظروف القاسية. وفي إمكان بعض تلك الكائنات امتصاص الأحماض النووية من الوسط المحيط بها، على حد قول كاري إيكرت، عالمة البيولوجيا التخليقية بجامعة كولورادو بولدر، والمختبر الوطني للطاقة المتجددة، الواقع في مدينة جولدن بولاية كولورادو. وإذا لم تُكلَّل هذه الوسيلة بالنجاح، تقترح إيكرت الاستعانة بتقنية التثقيب الكهربائي، التي تنطوي على استخدام نبضات كهربية لإحداث ثقوب في أغشية الخلايا.

وتُقدِّم إيكرت نصيحة أخرى، تتمثَّل في تحديد أنماطٍ بعينها لعملية إضافة الميثيل إلى جينوم الكائن الذي يعيش في الظروف القاسية، وذلك من خلال وضع تسلسل للحمض النووي[2]. وترجع أهمية تلك الخطوة إلى أن الأحياء المجهرية سوف تدمر في كثير من الأحيان الأحماض النووية ذات النمط "الخاطئ"، كي تحمي نفسها من الغزاة. ويعكف العلماء على تعلُّم كيفية تعديل أنظمة عملية إضافة الميثيل تلك في بكتيريا الإشريكية القولونية، بهدف إنتاج حمض نووي جديد يماثل ذلك الخاص بالعائل[3].

وبعد أن يتمكن العلماء من إنتاج الحمض النووي، المزوَّد بمجموعة ميثيل على نحوٍ سليم، سيكون عليهم انتقاء نوع الكائن المتكيِّف مع الظروف القاسية الذي سوف يتقبَّله. ولكي يتمكن علماء الأحياء المجهرية من دراسة الجينات التي تقع في نطاق اهتمامهم، فعادة ما يعمدون إلى حقْنها داخل بلازميدات تحتوي على جينات مختصة بمقاومة المضادات الحيوية؛ حيث إنّ المستعمرات التي نمت في بيئات تحتوي على ذلك المضاد الحيوي تتقبل هذه الجينات، لكنْ في ظل الظروف القاسية، كثيرًا ما تخفق المضادات الحيوية في أداء وظيفتها. ومن ثَمَّ، تكون هناك حاجة إلى اعتماد وسيلة انتقاء بديلة، تتمثَّل في هذه الحالة في قدرة الكائن على النمو (أو عدم النمو) دون مغذيات معينة، عادةً ما تكون أقل حساسية للظروف الاستثنائية.

وقد أجرى الباحثون كذلك تعديلاتٍ على تقنية التحرير الجيني، بحيث تصلُح لدراسة الكائنات التي تعيش في ظروف قاسية. فقد ابتكر فريق إيكرت نهجًا يتألَّف من خطوتين لتحرير جينوم بكتيريا "المطثية الحرارية السليولوزية" *Clostridium thermocellum*، التي تعيش في درجات حرارة مرتفعة[4]. وسعيًا إلى تحقيق ذلك، استعاروا نظامًا لتبادل الجينات من كائن آخر متكيِّف مع الحرارة، لإدخال التسلسل المطلوب في بكتيريا المطثية الحرارية السليولوزية. وفي الوقت نفسه، قاموا بتعديل المواقع القريبة، التي عادةً ما تسمح لنظام "كريسبر-كاس" CRISPR-Cas بتمييز الحمض النووي وقطْعه، بما يجعلها غير ظاهرة لنظام "كريسبر"، ثم استخدموا النظام نفسه لقطع أية جينات غير معدَّلة، مستبعدين الميكروبات غير المحررة جينيًّا.

تصل نسبة كفاءة هذا النهج إلى 94%، ومن المفترض أن ينجح مع الكائنات الأخرى المتكيِّفة مع الحرارة، على حد قول إيكرت. وجديرٌ بالذكر أنَّ مختبرات "نيو إنجلاند بايولابز" New England Biolabs، و"أميريكان تايب كالتشر كوليكشن" American Type Culture Collection تتيح السلالات الميكروبية اللازمة لتطبيق هذا النهج. وتسعى إيكرت، من جهتها، إلى إضافة البلازميدات إلى مستودع "آد جين" Addgene.

تصوير حيّ مباشر

تشهد المَجَاهر (الميكروسكوبات) كذلك تطوُّرًا جذريًّا، من شأنه تمكين العلماء من فحص بيولوجيا خلايا الكائنات التي تعيش في ظروف قاسية.

يُعنَى باز باوم، عالِم البيولوجيا الخلوية في مختبر البيولوجيا الجزيئية التابع لمجلس البحوث الطبية في كامبريدج في المملكة المتحدة، بدراسة انقسامات الخلايا التي تحدث في بكتيريا *Sulfolobus acidocaldarius*، وهي من الكائنات المتكيِّفة مع الأحماض والحرارة، لكن المَزارع الحية تبرد سريعًا، مثل كوب من الشاي، عند وضعها على رَفّ الميكروسكوب، وتدخل الميكروبات في حالةٍ يُطلق عليها الحالة الحيوية المعلقة، على حد وصف باوم، الذي يضيف قائلًا: "ظل الفشل يلاحقنا لسنوات عديدة".

قرر الفريق استعارة تقنية مستخدَمة في أجهزة تفاعل البلمرة المتسلسل، من أجل تدفئة مَزارع الخلايا من أعلى ومن أسفل في الوقت ذاته. وقد استعان على تحقيق ذلك بمهندسَي فضاء، هما في واقع الأمر شقيقان، أحدهما والد أحد أعضاء الفريق، كي يصنعا حُجيرة من الألومنيوم المستخدَم في صناعة الطائرات. وقد نشر الباحثون المخططات التصميمية لِمَا أطلقوا عليه "السولفوسكوب" Sulfoscope[5]، لكن باوم يزعم أن أي حجيرة مزدوجة التدفئة سوف تفي بالغرض. يتيح هذا النظام للفريق دراسة البروتينات التي تحافظ على الانقسام التناظري للخلايا.

وليس من السهل، كذلك، دراسة الكائنات التي تعيش في ظروف الملوحة العالية تحت عدسة الميكروسكوب؛ فهي تفتقد إلى الجدران الخلوية الصلبة، التي توجد لدى البكتيريا. كما أنَّ بقاءها على قيد الحياة متوقِّف على الحفاظ على مستوى الضغط الأسموزي نفسه في البيئة المحيطة، ما يمنحها صلابة واهية، تشبه جدار البالون نصف الممتلئ بالهواء. ونتيجة لذلك، تصبح عرضة للتشوُّه بسهولة عند حشرها بين شريحة الميكروسكوب وغطائها، ما يجعل من الصعب دراسة حجم الخلايا وشكلها.

وقد واجهت الباحثة يي-جين أون المشكلة نفسها أثناء عملها على دراسات ما بعد الدكتوراة بجامعة هارفارد في مدينة كامبريدج بولاية ماساتشوستس، وذلك في أثناء التعرُّف على الكيفية التي تُمكِّن إحدى العتائق (أو البكتيريا القديمة) المتكيِّفة مع الملوحة، وتُدعى "الملحاء العصوية الملحية" *Halobacterium salinarum*، من التحكم في حجمها. فقد تشوَّهت الكائنات التي تتخذ شكل العُصِيِّ في المزارع السائلة، متحولةً إلى أشكال مضلَّعة غريبة، أو فقاعات عديمة الشكل، عندما استخدمت أون طبقة من الأجار اللين لتثبيت الخلايا في أماكنها، كي تفحصها تحت الميكروسكوب. وحول هذا الشأن، علَّقت أون، التي تعمل باحثة بيانات رئيسة في شركة "يانسن" Janssen، التي يقع مقرُّها في مدينة تيتوسفيل بولاية نيو جيرسي، بقولها: "لم نتوقع أن تكون عُرضةً للانسحاق إلى هذا الحد". وفي وسع جهاز خاص بدراسة الموائع الدقيقة، يُدعى "سيلاسيك أونكس" CellASIC ONIX، من تصميم شركة "ميليبور سيجما" Millipore Sigma، التي تتخذ من مدينة برلنجتون بولاية ماساتشوستس مقرًّا لها، أن يُثبِّت الميكروبات باستخدام ثنائي ميثيل بولي السيلوكسان اللين، لكن اتضح أن لهذه المادة تأثيرًا ضارًّا على الخلايا التي تدرسها الباحثة.

وفي نهاية المطاف، نجحت أون في مسعاها، من خلال تصنيع حُجيرات بالغة الصِّغر من الأجاروز، بغرض احتواء الخلايا بداخلها برفق. وهكذا، تمكَّنت أخيرًا من رصْد محافَظة هذه العتيقة على حجمها بالطريقة ذاتها التي تستخدمها البكتيريا، حيث تضيف كل خلية حديثة الولادة طولًا ثابتًا إلى العصا التي تتكوّن منها، قبل أن تنقسم مجددًا[6].

أصباغٌ متلألئة

يتعيَّن على اختصاصيي المجاهر كذلك التوصُّل إلى طرق تمكِّنهم من تصنيف البروتينات المراد دراستها في ظل الظروف القاسية.

فعلى سبيل المثال، واجه فريق دولي تحديًا في دراسة كائن متكيِّف مع الملوحة، هو الميكروب *Haloferax volcanii*، الذي يوجد في البحر الميت، لأنه بطبيعته ينتج صبغة برَّاقة. وهو ما جعل من الصعب استخدام لصيقات البروتين الفلورية اللامعة لتتبُّع الجزيئات الفردية، حسبما أورَدَ الفريق في المسوَّدة البحثية المنشورة في شهر يوليو الماضي[7]. ومن ثم، فقد كان لزامًا عليهم تعطيل الجين الذي يُسهِم في تخليق تلك الصبغة أولًا، فاستحالت ميكروباتٍ عديمة اللون، غير أنها، فيما عدا ذلك، حافظَتْ على السمات الطبيعية نفسها.

وهكذا، راح الباحثون يدرسون بيئة ذلك الميكروب. وعلى غرار كثير من الكائنات التي تعيش في ظروف الملوحة العالية، يملك هذا الكائن حمضًا نوويًّا يحتوي على قدر مرتفع نسبيًّا من قواعد "الجوانين" guanine، و"السيتوزين" cytosine. ومعنى ذلك أنَّ شيفراته الجينية –أي التسلسلات الثلاثية المُشفِّرة للأحماض الأمينية– سوف تميل أيضًا إلى استخدام تلك القواعد، وأنَّ الجينات التي تستخدم الشفرات نفسها سوف تحظى بمستويات أعلى من التعبير الجيني. ومن هذا المنطلَق، لجأ الفريق إلى تحسين الشفرات المستخدَمة لإنتاج البروتينات الفلورية الوهَّاجة، التي تصلح في دراسة الكائنات التي لا تحيا في بيئات متطرفة، لكي تلائم تفضيلات هذا الميكروب الذي يعيش في ظروف قاسية.

ويعلِّق إيان دوجين، عالِم البيولوجيا الجزيئية بجامعة سيدني للتكنولوجيا بأستراليا، والمؤلف المشارك في الدراسة بقوله: "نجحت غالبية هذه الشفرات في أداء المهمة". وقد تبيَّن أن نُسخ البروتين قرمزي اللون، ويُدعى بروتين "إم تشيري" mCherry، واللصيقة القابلة للتحول من اللون الأخضر إلى الأحمر عند التعرُّض للضوء، وتُعرف باللصيقة "ديندرا 2" Dendra2، مفيدتان للغاية في تتبع الجزيئات المفردة. يقول دوجين: "نتطلّع حقًّا إلى التعرُّف على كيفية تطبيق هذه التقنية على دراسات انقسام الخلية، وشكلها، وهيكلها الخلوي".

ومن هنا، يمكن القول إنّ العلماء المعنيين بدراسة الكائنات المتكيِّفة مع الظروف القاسية يستطيعون بالمثابرة إنجاح التجارب التي تبدو مستحيلة. وكما قال دوجين: "الأمر المهمُّ هو ألا نكُفّ عن المحاولة.. فدراسة هذه الكائنات المُحِبَّة للظروف القاسية -إذا جاز إطلاق هذا الاسم عليها- ليسَتْ بتلك الصعوبة التي قد نتصوَّرها لأوَّل وهلة".

آمبر دانس صحفية علمية حرة، تقيم في مدينة لوس أنجيليس بولاية كاليفورنيا.

1. Tighe, S. *et al. J. Biomol. Tech.* **28**, 31–39 (2017).
2. Flusberg, B. A. *et al. Nature Methods* **7**, 461–465 (2010).
3. Riley, L. A. *et al. J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* **46**, 1435–1443 (2019).
4. Walker, J. E. *et al. Metab. Eng. Commun.* **10**, e00116 (2020).
5. Pulschen, A. A. *et al. Curr. Biol.* **30**, 2852–2859 (2020).
6. Eun, Y.-J. *et al. Nature Microbiol.* **3**, 148–154 (2018).
7. Turkowyd, B. *et al.* Preprint at bioRxiv https://doi.org/10.1101/2020.07.27.222935 (2020).



مكان عملي
أودري تيه

التقطت الصورة: ليونورا سوندرز

أعملُ ضمن فريق بحثيٍّ في صوبةٍ زراعية، أطلقنا عليها "سكاي لاب" Skylab، أو "مختبر السماء". في هذه الصوبة، التي تقع في الطابق العلوي لمستشفى سانت جورج، التابع لجامعة لندن، نستطيع زراعة مئات النباتات. وعندما اضطرَّتنا الجائحة إلى تعليق عملنا بالصوبة بين شهري مارس ويونيو الماضيين، خسرنا ما يقرب من 90% من النباتات، لكنَّنا أعدنا زراعتها فيما بعد، لنستأنف تجاربنا من جديد.

ويتضمَّن عملي استخدام نباتات التبغ في إنتاج أجسامٍ مضادة، من أجل تطوير عقاقير لمكافحة الأمراض، مثل السرطان، و"كوفيد-19"؛ إذ نضيف الشفرات الجينية الخاصة بالبروتينات الدوائية إلى النباتات، التي تتولى إنتاجها بعد ذلك. ويُعنى مختبرنا بتطوير المستحضرات الدوائية المستخلصة من النباتات، حتى مرحلة ما قبل التجارب الإكلينيكية. وإذا بدا أنَّ أحد هذه المركّبات الدوائية يحمل فرصة واعدة، نُسلِّمه للباحثين المتعاونين معنا، الذين يحملون التراخيص القانونية التي تخوِّل لهم إجراء التجارب الإكلينيكية على البشر.

يُعَد هذا النهج أقل تكلفةً بكثير من الأنظمة الصناعية المعمول بها حاليًّا، التي تعتمد على مَزارع الخلايا البشرية، أو الثديية، ومن ثم فإنه أكثر ملاءمةً للتطبيق في الدول النامية. إنني أُولِي أهمية خاصة للنباتات التي يمكن استخدامها في إنتاج أدويةٍ ميسورة التكلفة في الدول التي لها باعٌ في المجال الزراعي، إذ إنني من ماليزيا، حيث لا تتوفر خدمات رعاية صحية حكومية، وقد شهدتُ بنفسي عائلاتٍ تُعلِن إفلاسها بسبب تكاليف الرعاية الطبية. لذا، سيكون من الرائع أن تستطيع الدول المختلفة إنتاج أدويةٍ بأسعارٍ زهيدة لاستخدامها محليًّا.

ورغم أنَّ لديَّ طاولةً مخبرية تقليدية في الطابق الثاني من المستشفى، فإن الصوبة لا غِنى عنها. فهناك دائمًا نباتاتٌ ينبغي الاعتناء بها، ومن ثم أستطيع مغادرة بيئة المستشفى المُعقَّمة يوميًّا، لأقضي وقتي في تلك الصوبة المريحة للأعصاب، والنابضة بالحياة. ويمكنني القول إن الوقت الذي أُمضيه في الاعتناء بالنباتات هو وقتٌ للراحة والاسترخاء. وحينما يكون الجوُّ صافيًا، يمكننا أن نمدَّ أبصارنا لنرى وسط مدينة لندن، على بعد 11 كيلومترًا.

وإنني ليحدوني الحماس لإنجاز مشروعي الجديد، الذي يهدف إلى فحص إمكانية استخدام التبغ في إنتاج علاجاتٍ مناعية للسرطان. فبالنظر إلى ما للتبغ من آثار جسيمة على الصحة، سيكون من الخير أنْ نُحَسِّن سمعة هذا النبات عبر تعديله جينيًّا؛ لإنتاج علاجاتٍ للسرطان.

أودري تيه أخصائية المناعة الجزيئية في مستشفى سانت جورج بجامعة لندن.

أجرى الحوار: فرجينيا جيوين.


nature
podcast